



TESIS -SM 142501

**APLIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN KOHONEN
SELF ORGANIZING MAPS DAN *LEARNING
VECTOR QUANTIZATION* PADA DATA KUALITAS
AIR KALI SURABAYA**

SRI RAHMAWATI FITRIATIEN
1213 201 031

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Mohammad Isa Irawan, M.T.
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, Dipl.SE, MSc.

PROGRAM MAGISTER
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESIS -SM 142501

**THE APPLICATION OF KOHONEN SELF
ORGANIZING MAPS AND LEARNING VECTOR
QUANTIZATION AT WATER QUALITY DATA OF
SURABAYA RIVER**

SRI RAHMAWATI FITRIATIEN
1213 201 031

SUPERVISOR

Prof. Dr. Mohammad Isa Irawan, M. T.
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, Dipl.SE, MSc.

MASTER'S DEGREE
MATHEMATICS DEPARTMENT
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

**APLIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN KOHONEN *SELF*
ORGANIZING MAPS DAN LEARNING VECTOR
QUANTIZATION PADA DATA KUALITAS AIR KALI
SURABAYA**

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Sains (M.Si.)
di**

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**SRI RAHMAWATI FITRIATIEN
1213 201 031**

**Tanggal Ujian : 19 Mei 2015
Periode Wisuda : September 2015**

Disetujui Oleh :

**1. Prof. Dr. Mohammad Isa Irawan, M.T.
NIP. 19631225 198903 1 001**

(Pembimbing I)

**2. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, Dipl.SE, MSc.
NIP. 19550128 198503 2 001**

(Pembimbing II)

**3. Dr. Subiono, MS.
NIP. 19570411 198403 1 001**

(Penguji)

**4. Dr. Darmaji, S.Si., MT.
NIP. 19691015 199412 1 001**

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana

**Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T.
NIP. 19640405 199002 1 001**

APLIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN KOHONEN *SELF ORGANIZING MAPS* DAN *LEARNING VECTOR QUANTIZATION* PADA DATA KUALITAS AIR KALI SURABAYA

Nama : Sri Rahmawati Fitriatien
NRP : 1213 201 031
Pembimbing : 1. Prof.Dr. Mohammad Isa Irawan, M.T.
2. Prof.Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, Dipl.SE, MSc.

ABSTRAK

Kali Surabaya adalah sumber air baku yang digunakan masyarakat Surabaya untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Kondisi air permukaan Kali Surabaya mengalami penurunan kualitas air yang dirasakan semakin hari semakin meningkat akibat sebagian besar limbah cair hasil dari kegiatan manusia dibuang ke saluran yang bermuara di Kali Surabaya. Limbah tersebut berasal dari permukiman, industri, pertanian, peternakan dan lain-lain. Indikator kimia pencemaran air limbah cair yang digunakan yaitu BOD, COD dan DO. Tujuan dari penelitian tesis ini adalah melakukan pengelompokan seluruh titik pantau kualitas air Kali Surabaya dengan jumlah *cluster* yang terbentuk dimulai dari 2 hingga 4 *cluster* berdasarkan kategori pembagian status mutu air. Dari pengelompokan titik pantau ini kemudian dilakukan penetapan status mutu kualitas air selama 14 periode dimulai dari bulan Januari 2010 hingga Juni 2013.

Jaringan syaraf tiruan merupakan sistem pemroses informasi seperti pemroses pada otak manusia. Jaringan syaraf tiruan telah banyak digunakan dalam banyak aplikasi, salah satunya adalah *clustering*. Dalam tesis ini, metode Kohonen *Self Organizing Maps* dan *Learning Vector Quantization* digunakan untuk menyelesaikan masalah *clustering* titik pantau kualitas air Kali Surabaya pada setiap waktu pantau. Untuk penentuan *cluster* terbaik menggunakan *Davies-Bouldin Index* (DBI) sebagai validasi *cluster*. Penentuan status mutu air Kali Surabaya di setiap titik pantau dilakukan dengan metode Indeks Pencemaran yang divalidasi dengan uji distribusi normal.

Dari implementasi dan uji coba program dapat diperoleh simpulan bahwa algoritma Kohonen-SOM dan LVQ dapat mengenali pola dan mampu mencocokkan anggota kelompok titik pantau dengan parameter *learning rate* minimal 0,000001 diperoleh nilai *mean square error* pada jaringan LVQ lebih kecil dibandingkan dengan jaringan Kohonen-SOM. Berdasarkan Indeks Pencemaran, status mutu air Kali Surabaya pada Januari 2010-Juni 2013 berada pada status mutu air Tercemar Ringan.

Kata Kunci : Kohonen *self organizing maps*, *learning vector quantization*, status mutu air, indeks pencemaran

THE APPLICATION OF KOHONEN SELF ORGANIZING MAPS AND LEARNING VECTOR QUANTIZATION AT WATER QUALITY DATA OF SURABAYA RIVER

Name : Sri Rahmawati Fitriatien
NRP : 1213 201 031
Supervisor : 1. Prof.Dr. Mohammad Isa Irawan, M.T.
2. Prof.Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, Dipl.SE, MSc.

ABSTRACT

Surabaya's river is primary water source needed for Surabaya's people for their daily demand. Meanwhile, the quality for water of Surabaya's river is more decreased from day to day because the most liquid waste of human activities are thrown into canal to Surabaya's river. The waste are from the settlement, industry, agriculture, animal husbandry, etc. Chemical indicator of liquid waste pollution that is BOD, COD and DO. The purposes of this research are to cluster all observation points of the quality of water in Surabaya's river with the cluster number started from 2 clusters to 4 clusters. Based on this cluster result of observation points, it is then fixed the quality of water for 14 period started from January 2010 to June 2013.

Artificial neural networks are information processing systems such as processing in the human brain. Artificial neural networks have been widely used in many applications, one of which is clustering. In this thesis, the method of Kohonen Self Organizing Maps and Learning Vector Quantization clustering is used to solve the problems of water quality monitoring points Surabaya at any time to monitor. To determine the best cluster using the Davies-Bouldin Index (DBI) as the cluster validation. Determination of the status of water quality at any point Surabaya monitoring was conducted by the Pollution Index test is validated by the normal distribution.

From implementation and test programs can be concluded that the algorithm-SOM Kohonen and LVQ can recognize patterns and able to match the group members monitoring points with a minimal learning rate parameter value 0.000001 mean square error values obtained in LVQ network is smaller than the Kohonen -SOM. Based on the Pollution Index, the water quality status Kali Surabaya in January 2010-June 2013 are in the floaty polluted water quality status.

Keywords : Kohonen self organizing maps, learning vector quantization, quality of water level, pollution index

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim...

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Ya Allah... Alhamdulillah segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis **“Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Kohonen *Self Organizing Maps* dan *Learning Vector Quantization* pada Data Kualitas Air Kali Surabaya”** dengan lancar. Tesis ini pada dasarnya merupakan implementasi mata kuliah Jaringan Syaraf Tiruan pada Program Magister Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang diaplikasikan dengan disiplin ilmu pada Teknik Lingkungan bidang Kualitas Air di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis mendapat banyak saran, bimbingan dan keterangan-keterangan terkait permasalahan dari berbagai pihak yang menjadi pengalaman tersendiri yang mengajarkan penulis bahwa sesungguhnya sesuatu yang diupayakan dengan sungguh-sungguh, akan membuahkan hasil yang manis. Dengan segala hormat dan kerendahan hati, penulis haturkan terima kasih kepada :

1. Bapak Kun Adi dan Ibuk Sri Wahyuni yang selalu memberikan semangat dan doa, segala daya upaya Bapak Ibuk lakukan buat penulis. Penulis persembahkan semua ini, sepenuhnya buat Bapak Ibuk... Mbak dan Mas yang selalu menjadi tempat penulis untuk berkeluh kesah.
2. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Ditjen Dikti) selaku pemberi Beasiswa Pra-S2 (Pra-Magister) Matematika pada Tahun 2012, dilanjutkan dengan Beasiswa Magister (Strata-2) Matematika pada Tahun 2013 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
3. Dr. Subiono, MS selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Jurusan Matematika
4. Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si selaku Ketua Jurusan yang telah memberikan kemudahan dalam permohonan rekomendasi pengambilan data guna kelancaran tesis ini

5. Prof. Dr. Mohammad Isa Irawan, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa meluangkan waktu guna memberikan dukungan ilmu dan pengetahuan yang sangat bermanfaat bagi penyusunan tesis ini
6. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, Dipl.SE, MSc. selaku Dosen Pembimbing II yang dengan kesabaran dan ketelatenan Ibu memberikan masukan dan arahan kepada penulis untuk terus belajar Ilmu Lingkungan khususnya pengendalian kualitas air dan status mutu kualitas air
7. Bapak Dosen Penguji yang telah memberikan masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun guna kesempurnaan Tesis ini
8. Bapak/Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu yang luar biasa bagi penulis sebagai bekal untuk masa depan penulis
9. Rektor Universitas PGRI Adi Buana Surabaya dan segenap Bapak/Ibu Dosen Pendidikan Matematika Universitas PGRI Adi Buana yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan lanjut di ITS Surabaya
10. Direksi Perum JasaTirta I Malang yang menyediakan data yang dibutuhkan bagi penulis untuk kepentingan tesis
11. Teman-teman kualitas air satu penelitian (Nisa Ayunda, Bimo, Pak Wa dan Mas Huda) atas kerjasama dalam mencari data, diskusi dan dukungan satu sama lain yang saling menyemangati. Apa yang kita usahakan dari BLH, PDAM Surya Sembada, BBTCL Perak, hingga pelabuhan terakhir kita tambatkan pada Perum Jasa Tirta I Malang. Semua itu demi satu kata, dan itu “Tesis”. Alhamdulillah...
12. Teman-teman Pra-S2 Angkatan 2012 dan teman-teman Angkatan 2013 Pascasarjana Matematika yang selama masa perkuliahan banyak sekali ilmu, momen dan pengalaman berbagi yang penulis dapatkan
13. Buat mbak Restu, Amel, Etri, Asra, mbak Yuni, Pak Eko Behel, Abil, Pak Dim, kapan bisa *touring* dengan menggila lagi kalau kita sudah lulus semua. Rindu.... Winda Aprianti, seseorang yang memiliki nama ini, entah dengan apa dan bagaimana ungkapan untuk satu orang ini, kamu adalah salah satu *jackpot* dari Allah SWT untuk penulis. Tertawa lepas, tersenyum lebih bebas, saling memberi *support* dan semangat untuk bisa selesai bareng-bareng, terima kekurangan tanpa peduli. *Iloveyou....*

14. Mas Yanuar, terimakasih atas waktunya, waktu dan tempat biasanya, BAAK. Terimakasih telah banyak membantu dalam penyelesaian tesis ini di detik-detik terakhir. Lutfu, terimakasih atas *privat* colongannya. Terimakasih...
15. Ryu, kesabaran mu sungguh luar biasa selama ini. *Ryu...*
16. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu yang telah terlibat banyak membantu sehingga tesis ini dapat diselesaikan

Menyadari keterbatasan ilmu pengetahuan dan wawasan serta pengalaman yang penulis miliki, penulis mengharapkan kritik serta masukan yang bersifat konstruktif bagi diri penulis. Semoga dengan selesainya tesis ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca untuk meningkatkan pengetahuan dalam bidang Jaringan Syaraf Tiruan yang dapat diaplikasikan dengan disiplin ilmu yang lain, serta memberikan manfaat bagi *stakeholder* dalam mengawasi dan menjaga kualitas air khususnya kondisi kualitas air di Surabaya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Surabaya, April 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN	xxvii
BAB I	PENDAHULUAN..... 1
1.1	Latar Belakang Penelitian..... 1
1.2	Rumusan Masalah 3
1.3	Batasan Masalah..... 3
1.4	Tujuan Penelitian..... 4
1.5	Manfaat Penelitian..... 4
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI..... 7
2.1	Penelitian Terdahulu..... 7
2.2	Jaringan Syaraf Tiruan 10
2.2.1	Perkembangan Jaringan Syaraf Tiruan 10
2.2.2	Konsep Dasar Jaringan Syaraf Tiruan 11
2.2.3	Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan 13
2.2.4	Proses Pembelajaran 14
2.3	Jaringan Kohonen <i>Self Organizing Maps</i> 15
2.3.1	Arsitektur Jaringan Kohonen <i>Self Organizing Maps</i> 16
2.3.2	Algoritma Jaringan Kohonen <i>Self Organizing Maps</i> 16
2.4	Jaringan <i>Learning Vector Quantization</i> 17
2.4.1	Arsitektur Jaringan <i>Learning Vector Quantization</i> 18
2.4.2	Algoritma Jaringan <i>Learning Vector Quantization</i> 18
2.5	Validasi <i>Cluster</i> 19

2.6	Kualitas Air Sungai.....	21
2.6.1	Pencemaran Air Sungai.....	21
2.6.2	Sumber Pencemaran Air Sungai	22
2.6.3	Definisi Kualitas Air Sungai	23
2.6.4	Parameter Kualitas Air.....	24
2.6.5	Baku Mutu Parameter Kualitas Air.....	25
2.7	Analisa Penentuan Status Mutu Air dengan Indeks Pencemaran	26
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1	Tahap Metodologi Penelitian.....	29
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1	Ruang Lingkup Penelitian di Kali Surabaya.....	33
4.2	Proses Pelatihan Secara Manual Jaringan Kohonen <i>Self Organizing Maps</i>	34
4.3	Proses Pengujian Secara Manual Jaringan Kohonen <i>Self Organizing Maps</i>	41
4.4	Validasi <i>Cluster</i> dengan Davies-Bouldin Indeks (DBI)	44
4.5	Proses Pelatihan Secara Manual Jaringan <i>Learning Vector Organizing</i>	50
4.6	Perhitungan Status Mutu Air Kali Surabaya.....	55
4.7	Implementasi Matlab Metode Kohonen <i>Self Organizing Maps, Learning Vector Quantization</i> dan Metode Indeks Pencemaran	59
4.8	Hasil dan Pembahasan	65
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	143
5.1	Kesimpulan	143
5.2	Saran	143
	DAFTAR PUSTAKA.....	145
	LAMPIRAN	149
	BIODATA PENULIS.....	209

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Sumber Pencemar Air	23
Tabel 2.2	Baku Mutu Parameter Kualitas Air	26
Tabel 4.1	Objek Pemantauan Titik Pantau Air pada Kali Surabaya	33
Tabel 4.2	Hasil Pelatihan Algoritma Kohonen <i>Self Organizing Maps</i>	41
Tabel 4.3	Hasil Penyebaran Kelas dengan Algoritma Kohonen-SOM	44
Tabel 4.4	<i>Centroid</i> Masing-Masing Parameter	46
Tabel 4.5	Nilai SSW dalam 2 <i>Cluster</i>	48
Tabel 4.6	Nilai DBI dari 2 <i>Cluster</i>	50
Tabel 4.7	Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air	
	Periode 1	66
Tabel 4.8	Nilai Validasi <i>Cluster</i> Periode 1	67
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 1	67
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada	
	Periode 1	69
Tabel 4.11	Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air	
	Periode 2	71
Tabel 4.12	Nilai Validasi <i>Cluster</i> Periode 2	72
Tabel 4.13	Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 2	73
Tabel 4.14	Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada	
	Periode 2	75
Tabel 4.15	Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air	
	Periode 3	77
Tabel 4.16	Nilai Validasi <i>Cluster</i> Periode 3	78
Tabel 4.17	Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 3	79
Tabel 4.18	Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada	
	Periode 3	81
Tabel 4.19	Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air	
	Periode 4	83
Tabel 4.20	Nilai Validasi <i>Cluster</i> Periode 4	84

Tabel 4.21	Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 4	84
Tabel 4.22	Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 4	86
Tabel 4.23	Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 5	88
Tabel 4.24	Nilai Validasi <i>Cluster</i> Periode 5	89
Tabel 4.25	Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 5	90
Tabel 4.26	Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 5	92
Tabel 4.27	Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 6	94
Tabel 4.28	Nilai Validasi <i>Cluster</i> Periode 6	94
Tabel 4.29	Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 6	95
Tabel 4.30	Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 6	97
Tabel 4.31	Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 7	99
Tabel 4.32	Nilai Validasi <i>Cluster</i> Periode 7	100
Tabel 4.33	Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 7	101
Tabel 4.34	Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 7	103
Tabel 4.35	Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 8	105
Tabel 4.36	Nilai Validasi <i>Cluster</i> Periode 8	105
Tabel 4.37	Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 8	106
Tabel 4.38	Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 8	109
Tabel 4.39	Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 9	111
Tabel 4.40	Nilai Validasi <i>Cluster</i> Periode 9	112
Tabel 4.41	Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 9	112
Tabel 4.42	Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada	

	Periode 9	114
Tabel 4.43	Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 10	116
Tabel 4.44	Nilai Validasi <i>Cluster</i> Periode 10	117
Tabel 4.45	Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 10	118
Tabel 4.46	Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 10	120
Tabel 4.47	Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 11	122
Tabel 4.48	Nilai Validasi <i>Cluster</i> Periode 11	123
Tabel 4.49	Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 11	123
Tabel 4.50	Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 11	125
Tabel 4.51	Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 12	127
Tabel 4.52	Nilai Validasi <i>Cluster</i> Periode 12	128
Tabel 4.53	Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 12	128
Tabel 4.54	Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 12	130
Tabel 4.55	Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 13	132
Tabel 4.56	Nilai Validasi <i>Cluster</i> Periode 13	133
Tabel 4.57	Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 13	134
Tabel 4.58	Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 13	136
Tabel 4.59	Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 14	138
Tabel 4.60	Nilai Validasi <i>Cluster</i> Periode 14	139
Tabel 4.61	Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 14	139
Tabel 4.62	Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 14	141

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Susunan Syaraf Manusia (Fausett, 1994)	12
Gambar 2.2	Analogi Biologi dengan Satu <i>Neuron</i> (Fausett, 1994)	13
Gambar 2.3	Arsitektur Jaringan Kohonen-SOM (Kohonen, 2014)	16
Gambar 2.4	Arsitektur Jaringan LVQ (Fausett, 1994)	18
Gambar 3.2	Diagram Penelitian	30
Gambar 4.1	Aliran Kali Surabaya sebagai Wilayah Penelitian (Google Earth, 2015)	34
Gambar 4.2	Arsitektur Jaringan Kohonen-SOM Permasalahan Titik Pantau Kualitas Air (Berdasarkan Gambar 2.3)	35
Gambar 4.3	Arsitektur Jaringan LVQ Permasalahan Titik Pantau Kualitas Air (Berdasarkan Gambar 2.4)	50
Gambar 4.4	Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 1 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	65
Gambar 4.5	Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 1 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	65
Gambar 4.6	Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 1 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)	66
Gambar 4.7	Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 1 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)	70
Gambar 4.8	Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 2 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	70
Gambar 4.9	Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 2 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	71
Gambar 4.10	Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 2 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)	72
Gambar 4.11	Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 2 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)	76

Gambar 4.12	Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 3 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	76
Gambar 4.13	Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 3 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	77
Gambar 4.14	Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 3 (Sumber : Jaringan Khonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)	78
Gambar 4.15	Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 3 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)	81
Gambar 4.16	Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 4 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	82
Gambar 4.17	Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 4 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	82
Gambar 4.18	Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 4 (Sumber : Jaringan Khonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)	83
Gambar 4.19	Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 4 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)	87
Gambar 4.20	Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 5 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	88
Gambar 4.21	Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 5 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	88
Gambar 4.22	Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 5 (Sumber : Jaringan Khonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)	89
Gambar 4.23	Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 5 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)	92
Gambar 4.24	Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 6 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	93
Gambar 4.25	Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 6 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	93
Gambar 4.26	Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ	

	Periode 6 (Sumber : Jaringan Khonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)	95
Gambar 4.27	Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 6 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)	98
Gambar 4.28	Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 7 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	99
Gambar 4.29	Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 7 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	99
Gambar 4.30	Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 7 (Sumber : Jaringan Khonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)	100
Gambar 4.31	Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 7 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)	104
Gambar 4.32	Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 8 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	104
Gambar 4.33	Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 8 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	105
Gambar 4.34	Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 8 (Sumber : Jaringan Khonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)	106
Gambar 4.35	Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 8 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)	109
Gambar 4.36	Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 9 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	110
Gambar 4.37	Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 9 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	110
Gambar 4.38	Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 9 (Sumber : Jaringan Khonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)	111
Gambar 4.39	Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 9 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)	115
Gambar 4.40	Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau	

	Periode 10 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	116
Gambar 4.41	Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 10 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	116
Gambar 4.42	Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 10 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)	117
Gambar 4.43	Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 10 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)	120
Gambar 4.44	Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 11 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	121
Gambar 4.45	Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 11 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	121
Gambar 4.46	Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 11 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)	122
Gambar 4.47	Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 11 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)	125
Gambar 4.48	Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 12 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	126
Gambar 4.49	Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 12 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	126
Gambar 4.50	Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 12 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)	127
Gambar 4.51	Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 12 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)	131
Gambar 4.52	Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 13 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	132
Gambar 4.53	Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 13 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	132
Gambar 4.54	Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 13 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, IP dan	

	LVQ, 2015)	133
Gambar 4.55	Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 13 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)	136
Gambar 4.56	Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 14 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	137
Gambar 4.57	Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 14 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)	137
Gambar 4.58	Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 14 (Sumber : Jaringan Khonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)	138
Gambar 4.59	Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 14 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)	142

BAB I

PENDAHULUAN

Dalam bab ini, dibahas mengenai latar belakang yang mendasari penelitian. Ruang lingkup pembahasan pada bab ini adalah hal-hal yang mendasari penelitian termasuk di dalamnya tujuan, manfaat, serta kontribusi penelitian dalam ilmu terkait.

1.1 Latar Belakang Penelitian

Kali Surabaya merupakan anak sungai Kali Brantas yang ada di bagian hilir yang memiliki luas daerah aliran sungai (DAS) 630,7 km², terdiri dari DAS Kali Marmoyo 289,7 km², DAS Kali Watudakon seluas 99,4 km², dan DAS beberapa anak sungai seluas 227,3 km² (Badan Lingkungan Hidup, 2012). Sekitar 96% air baku PDAM Kota Surabaya dipasok dari Kali Surabaya, sedangkan kualitas air Kali Surabaya tidak mendukung sebagai peruntukan badan air sumber air baku (Status Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2013).

Pemerintah Provinsi Surabaya dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 61 Tahun 2010 Tentang Penetapan Kelas Air Pada Air Sungai menyatakan bahwa air Kali Surabaya memenuhi standar mutu kualitas air baku kelas II. Ironisnya di beberapa tempat lokasi pemantauan, tercatat bahwa untuk parameter BOD, COD dan DO sering berada pada kondisi melebihi standar mutu kualitas air baku kelas II. Padahal berdasarkan Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001, kualitas air kelas III hanya layak digunakan untuk sarana-prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, dan mengairi pertamanan. Keadaan air Kali Surabaya ini sejalan dengan hasil laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Surabaya pada tahun 2013 yang menyatakan bahwa kondisi status air Kali Surabaya berada pada status tercemar ringan dengan nilai indeks pencemaran di beberapa titik pantau hampir mendekati kondisi tercemar sedang (Status Lingkungan Hidup Daerah Surabaya, 2013). Dengan kata lain, air Kali Surabaya tidak layak digunakan sebagai bahan baku air minum. Sementara itu, bila ditinjau dari segi kuantitas,

Perum Jasa Tirta telah memprediksi bahwa pada tahun 2025, Surabaya akan mengalami defisit air bersih sebesar 7,43 m³/detik (Kusumawardhani, 2010).

Masalah utama Kali Surabaya adalah besarnya kandungan limbah cair hasil dari kegiatan manusia yang dibuang ke aliran Kali Surabaya. Limbah tersebut berasal dari pemukiman, industri, pertanian, peternakan, dan lain-lain. Karnaningroem menyatakan sekitar 60% pencemaran Kali Surabaya berasal dari limbah domestik (limbah rumah tangga) baik cair maupun padat. Tetapi limbah domestik merupakan jenis limbah organik sehingga badan air masih dapat menanggulangi sampai pada kadar tertentu (Karnaningroem N., 2006).

Kali Surabaya memiliki karakteristik kondisi air yang berbeda di setiap wilayah titik pantau. Kondisi air yang tidak homogen akan menyulitkan bagi Pemerintah Kota Surabaya pada saat melakukan pembinaan dan monitoring kualitas air sepanjang Kali Surabaya terkait dengan air limbah ke aliran Kali Surabaya, baik yang masuk secara langsung ataupun melalui serapan. Oleh karena itu proses pembinaan dan monitoring air limbah yang dilakukan perlu disesuaikan dengan karakteristik kondisi air di sepanjang aliran Kali Surabaya. Namun apabila proses pembinaan dilakukan secara berbeda pada setiap titik pantau akan memerlukan waktu yang lama dan biaya yang tidak sedikit. Berdasarkan hal tersebut diperlukan pengelompokan lokasi titik pantau di Kali Surabaya yang didasarkan pada kemiripan karakteristik kondisi konsentrasi zat pencemar, sehingga proses pembinaan dan monitoring akan dilakukan berdasarkan kelompok-kelompok titik pantau yang terbentuk.

Tingkat pencemaran air di Kali Surabaya dapat diketahui dari indikator kimia pencemaran air limbah cair yaitu kebutuhan oksigen biokimia (*Biochemical Oxygen Demand, BOD*), kebutuhan oksigen kimiawi (*Chemical Oxygen Demand, COD*), dan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen, DO*). Parameter di atas merupakan indikator pengukuran kualitas air sebagai air baku yang dikonsumsi untuk air minum dan peruntukannya (Badan Lingkungan Hidup, 2012). Kebutuhan oksigen biokimia yang lebih dikenal dengan BOD merupakan parameter pengukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan keseluruhan zat organik yang terlarut dan tersuspensi dalam air buangan. Kebutuhan oksigen kimia yang lebih dikenal dengan COD menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh

bahan oksidan (misalnya *kalium dikromat*) untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air. Apabila kondisi COD tinggi dapat menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Oksigen terlarut yang lebih dikenal dengan DO menunjukkan jumlah oksigen yang tersedia dalam suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang bagus, sebaliknya jika nilai DO rendah dapat diindikasikan bahwa air tersebut telah tercemar (Nugroho, 2014).

Pada tesis ini pengelompokan titik pantau kualitas air di Kali Surabaya menggunakan metode Kohonen *Self Organizing Maps* dan *Learning Vector Quantization* yang didasarkan pada fitur pembentuk indikator pencemar kualitas air pada hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Karnaningroem pada tahun 2006. Hal ini dilakukan karena metode Kohonen *Self Organizing Maps* memiliki keunggulan yaitu mampu melakukan pembelajaran *unsupervised learning*, artinya jaringan tersebut melakukan pembelajaran tanpa bimbingan data input hingga target, sedangkan untuk *Learning Vector Quantization* dapat menghasilkan model *cluster* yang diperbaharui secara bertahap. Selanjutnya, penetapan status mutu kualitas air pada lokasi titik pantau pada setiap periode pantau menggunakan metode Indeks Pencemaran berdasarkan data konsentrasi BOD, COD dan DO.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah yang dibahas dalam tesis ini sebagai berikut :

Bagaimana hasil *clustering* metode Kohonen *Self Organizing Maps* dan *Learning Vector Quantization* untuk pengelompokan lokasi titik pantau kualitas air Kali Surabaya untuk setiap waktu pantau ?

1.3 Batasan Masalah

Masalah yang dibahas dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

1. Objek penelitian ini adalah seluruh lokasi pantau kualitas air yang dimulai dari titik pantau Jembatan Canggü hingga Ngagel/Jagir. Lokasi penelitian disajikan pada **Gambar 4.1**.

2. Dalam penelitian ini, penentuan kualitas air ditentukan oleh BOD, COD dan DO (Berdasarkan baku mutu kualitas air sungai menurut Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 dan Karnaningroem, 2006).
3. Seluruh data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari Perum Jasa Tirta I Malang untuk periode pengamatan dimulai dari Januari 2010 hingga Juni 2013 dengan sumber data adalah titik lokasi terpantau Perum Jasa Tirta I Malang yang berada di sepanjang Kali Surabaya. Seluruh data penelitian disajikan pada **Lampiran B**.
4. Jumlah *cluster* pada metode Kohonen *Self Organizing Maps* (selanjutnya akan disebut sebagai Kohonen-SOM) dan *Learning Vector Quantization* (selanjutnya akan disebut sebagai LVQ) dimulai dari dua hingga empat *cluster* berdasarkan kategori status mutu air. Validasi *cluster* menggunakan Davies-Bouldin Index (selanjutnya akan disebut sebagai DBI).
5. Proses *clustering* dilakukan setiap waktu pantau yaitu tahun 2010-2012 dimulai dari bulan Januari – Desember, sedangkan waktu pantau tahun 2013 dimulai bulan Januari – Juni.
6. Penentuan status mutu air Kali Surabaya menggunakan metode Indeks Pencemaran.
7. Hidrodinamika pada badan air Kali Surabaya dianggap sama.
8. Penetapan status mutu air berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 115 Tahun 2003.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang dirumuskan, tujuan dari penelitian tesis ini adalah mendapatkan *cluster* terbaik untuk mengelompokkan lokasi titik pantau kualitas air Kali Surabaya menggunakan metode Kohonen-SOM dan LVQ berdasarkan karakteristik konsentrasi zat pencemar air.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah untuk menambah wawasan keilmuan mengenai penerapan metode Kohonen-SOM dan LVQ untuk menganalisa permasalahan lingkungan dalam hal ini adalah sebaran titik pantau

berkaitan dengan status mutu air berdasarkan kemiripan karakteristik konsentrasi kualitas air Kali Surabaya di titik lokasi pantau pada setiap waktu pantau. Dari hasil *clustering* ini pemerintah Provinsi Jawa Timur ataupun Badan Lingkungan Hidup Wilayah Surabaya dan Jasa Tirta I Malang dapat mengetahui lokasi-lokasi pemantauan pada waktu pantau yang memiliki status mutu air baik, tercemar ringan, tercemar sedang hingga kondisi tercemar berat sehingga dapat diminimalisir efisiensi waktu pemantauan dan biaya transportasi untuk monitoring. Diharapkan pula hasil dari tesis ini dapat memberikan tambahan informasi tentang kecenderungan tingkat pencemaran air pada lokasi titik pantau di Kali Surabaya di setiap periode pantau sehingga dapat diketahui status mutu air untuk memenuhi kebutuhan air minum masyarakat Surabaya secara luas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bagian ini dibahas mengenai penelitian-penelitian yang telah ada sebelumnya baik tentang objek maupun metode terkait penelitian yang dilakukan. Selain itu dijelaskan juga pengertian mengenai kualitas air.

2.1 Penelitian Terdahulu

Jaringan syaraf tiruan telah banyak diaplikasikan dalam bidang matematika, komputer, teknik, perdagangan, financial, dan lain-lain. Salah satu aplikasi dari jaringan syaraf tiruan adalah analisis *cluster*. Penelitian yang terkait dengan analisis *cluster* menggunakan metode Kohonen-SOM. Beberapa penelitian terkait metode ini, diantaranya dilakukan oleh Mahonen dan Hakala yang menggunakan metode ini untuk mengenali objek bintang dan galaksi ke dalam satu kelompok berdasarkan rasi bintang. Hasil dari penelitian ini menyimpulkan bahwa metode jaringan Kohonen-SOM pada proses pelatihan mampu mengelompokkan bintang dan galaksi ke dalam dua kelompok. Dan pada proses pengujian, mampu mengenali bintang dan galaksi yang berada di luar pelatihan (Mahonen et al., 1995). Penelitian yang dilakukan oleh P.A. Aguilera menerapkan jaringan Kohonen-SOM untuk memprediksi kualitas air di daerah perairan Spanyol dengan parameter nitrate, nitrite, amonia dan fosfat. Pada penelitian menghasilkan klaster yang terisi 16 *event* dengan nilai kandungan nitrate di dalam air sebesar 4,61 mg/l, untuk nitrit sebesar 0,28 mg/l, untuk amonia sebesar 13 mg/l, dan untuk fosfat sebesar 2,95 mg/l (Aguilera et al., 2001).

Mohammad Isa Irawan melakukan pengelompokan kabupaten di daerah Jawa Timur berdasarkan 13 atribut data penerimaan daerah. Dari hasil penelitian ini, diperoleh kelompok daerah yang memiliki kesesuaian pengalokasian subsidi dan sumbangan untuk setiap daerah Tingkat II dengan jumlah kelompok yang terbentuk sebanyak empat kelompok (Irawan, M.I, 2008).

Mohammed M. Mostafa melakukan penelitian tentang wilayah perkapita *ecological footprint* sebanyak 140 negara yang terbagi menjadi 3 *cluster*. Hasil dari

penelitian ini menyatakan bahwa dengan Kohonen-SOM mampu menentukan estimasi tingkat urbanisasi yang terjadi pada setiap kelompok (Mostafa, 2010). Richard Olawoyin melakukan penelitian untuk mengenali pola spasial di wilayah Nigeria dengan jumlah titik sampel air di 11 titik, minyak di 38 titik dan wilayah sedimentasi di 54 titik. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa dengan kohonen mampu mengelompokkan tiap titik penelitian dengan membandingkan data yang sebelumnya telah didapat (Olawoyin et al., 2013).

Ewa Olkowska melakukan prediksi menggunakan metode Kohonen-SOM untuk menentukan daerah limpasan air dengan parameter yang digunakan adalah Cl^- , Ca^{2+} , NO_3^- dan NH_4^+ . Hasil dari penelitian ini adalah terbentuk 2 *cluster* dengan 26 *events* yang didominasi wilayah daerah sedikit polusi organik (Olkowska et al., 2014). Sri Rahmawati Fitriatien juga melakukan penelitian untuk *clustering* kualitas air Kali Surabaya dari sektor buangan industri dengan parameter pH, DO, BOD, COD, TSS dan Nitrate. Dari hasil penelitian ini diperoleh 5 kelompok dengan daerah tinggi BOD, COD dan TSS, daerah tinggi DO, daerah tinggi Nitrate, daerah tinggi pH dan Nitrate, dan daerah tinggi TSS (Fitriatien dkk, 2014a). Penelitian terkait komposisi kandungan air juga dilakukan oleh Fabiana A.L. Ribeiro pada 3 wilayah penghasil minyak. Dari penelitian ini menyebutkan bahwa dengan menggunakan jaringan Kohonen-SOM dapat memprediksi komposisi air yang dihasilkan dari sumber minyak pada 3 zona yang diteliti. Zona 1 menunjukkan adanya kelompok dengan kandungan minyak yang berasal dari dua titik yang berbeda dalam satu wilayah. Zona 2 menunjukkan kesamaan kelompok dari seluruh titik pada zona yang sama. Zona 3 menunjukkan adanya lima kelompok yang berbeda dari lima sumber yang berbeda, artinya dalam zona tersebut tidak ada kesamaan kelompok (Ribeiro et al., 2014).

Selain dengan metode Kohonen-SOM, pada tesis ini juga menggunakan metode *clustering* LVQ dengan menggunakan data label hasil *clustering* jaringan Kohonen-SOM. Beberapa penelitian yang menggunakan metode LVQ oleh (Bougrain and Alexandre, 1999) dengan menerapkan LVQ untuk data set radio elektrik tanpa pengawasan pembelajaran dengan evaluasi jarak Mahalanobi. Penelitian menggunakan metode LVQ digunakan pula oleh (Wu and Yang, 2006) untuk mendeteksi *outlier* dan *noisy*.

Nieke Karnaningroem melakukan penelitian terkait dengan penyebaran polutan di sungai dengan menyatakan bahwa 60% sumber polutan di Surabaya berasal dari limbah industri yang dibuang ke aliran sungai (Karnaningroem, N., 2006). Penelitian tentang sebaran polutan juga dilakukan oleh Sri Rahmawati Fitriatien dengan metode Kohonen-SOM untuk sebaran polutan dengan objek kajian adalah *point source* pembuangan limbah cair industri di Kali Surabaya tahun 2013. Dari hasil pelatihan jaringan Kohonen-SOM diperoleh kesesuaian kualitas air setiap wilayah di sepanjang aliran Kali Surabaya yang terbentuk dari kesamaan dan kemiripan atribut parameter kualitas air. Pada penelitian ini menghasilkan kandungan *chemical oxygen demand* yang melebihi baku mutu untuk buangan limbah industri di muara Kali Tengah (Fitriatien dkk, 2014b). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Shuguang Liu, yang meneliti sumber-sumber polusi air dengan 27 titik pemantauan di daerah Cina. Pada penelitian ini memberikan gambaran bahwa terjadi peningkatan polusi air sejak tahun 2006 yang berasal dari sumber pencemar industri dengan mengindikasikan bahwa indeks polutan terbesar berasal dari *Chemical Oxygen Demand* (Liu et al., 2011).

Richard O. Carey juga melakukan penelitian dengan melihat indeks pencemaran untuk parameter amonia dan fosfor di 6 titik pantau dengan melihat tren kualitas air dimulai tahun 1992 hingga 2006. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa dengan menghitung indeks pencemaran di suatu titik dapat menentukan status mutu air di titik tersebut dengan nilai rata-rata untuk amonia sebesar 0,390 mg/l sedangkan untuk fosfor sebesar 0,04 mg/l (Carey et al., 2011). Dongfang Yang mengevaluasi indeks kualitas air dengan parameter pencemar air yang diteliti adalah pH, DO dan COD. Dengan evaluasi indeks polutan diperoleh untuk konsentrasi DO berada pada level berpolusi berat, sedangkan untuk COD memiliki indeks polutan tergolong berat untuk wilayah penelitian di daerah pembuangan (Yang et al., 2012). Gerald Whittaker mengaplikasikan nilai indeks dari konsentrasi polutan air dengan tujuan untuk mengendalikan kandungan polutan air sehingga dapat dilakukan pengendalian pencemaran air buangan. Upaya pengendalian polutan air dengan melihat tren kualitas air selama satu tahun penelitian dengan metode *data envelopment analysis* (DEA) (Whittaker et al., 2015).

2.2 Jaringan Syaraf Tiruan

2.2.1 Perkembangan Jaringan Syaraf Tiruan

Mulai dari ditemukannya, jaringan syaraf tiruan telah mengalami tahap-tahap perkembangan, antara lain (Muis, 2006)

- Pada tahun 1940, para ilmuwan menemukan bahwa psikologi dari otak manusia sama dengan model pemrosesan yang dilakukan oleh peralatan komputer.
- Pada tahun 1943, McCulloch dan Pitts merancang model formal yang pertama kali sebagai perhitungan dasar *neuron*.
- Pada tahun 1949, Hebb menyatakan bahwa informasi dapat disimpan dalam koneksi-koneksi dan mengusulkan adanya skema pembelajaran untuk memperbaiki koneksi-koneksi antar *neuron* tersebut.
- Pada tahun 1954, Farley dan Clark mensetup model-model untuk relasi adaptif stimulus-respon dalam jaringan random.
- Pada tahun 1958, Rosenblatt mengembangkan konsep dasar tentang perceptron untuk klasifikasi pola.
- Pada tahun 1960, Widrow dan Hoff mengembangkan *ADALINE* untuk kendali adaptif dan pencocokan pola yang dilatih dengan aturan pembelajaran *Least Means Square* (LMS).
- Pada tahun 1974, Werbos memperkenalkan algoritma *Backpropagation* untuk melatih perceptron dengan banyak lapisan.
- Pada tahun 1975, Little dan Shaw menggambarkan jaringan syaraf dengan menggunakan model probabilistik.
- Pada tahun 1982, Kohonen mengembangkan metode pembelajaran jaringan syaraf yang tidak terawasi (*unsupervised learning*) untuk pemetaan.
- Pada tahun 1982, Grossberg mengembangkan teori jaringan yang diinspirasi oleh perkembangan psikologi. Bersama Carpenter, mereka mengenalkan sejumlah arsitektur jaringan, antara lain: *Adaptive Resonance Theory* (ART), ART2, dan ART3.
- Pada tahun 1982, Hopfield mengembangkan jaringan syaraf *reccurent* yang dapat digunakan untuk menyimpan informasi dan optimasi.

- Pada tahun 1985, algoritma pembelajaran dengan menggunakan mesin Boltzman yang menggunakan model jaringan syaraf probabilistik mulai dikembangkan.
- Pada tahun 1987, Kosko mengembangkan jaringan *Adaptive Bidirectional Associative Memory* (BAM).
- Pada tahun 1988, mulai dikembangkan fungsi radial basis.

2.2.2 Konsep Dasar Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan sederhana pertama kali diperkenalkan oleh McCulloch dan Pitts di tahun 1943. Jaringan syaraf tiruan (*Artificial Neural Network*) adalah suatu model matematis yang berupa sistem pengolah informasi yang meniru sistem jaringan syaraf biologi. Jaringan syaraf tiruan dapat digunakan untuk menyelesaikan sejumlah permasalahan besar karena memiliki kemampuan memodelkan permasalahan yang kompleks. Lapisan penyusun jaringan syaraf tiruan terbagi menjadi 3 bagian yaitu lapisan unit *input*, yang bertugas sebagai penerima pola masukan data dari luar yang menggambarkan permasalahan. Lapisan berikutnya adalah lapisan tersembunyi yang bertugas sebagai tempat menyembunyikan lapisan *output* yang belum menjadi solusi dari jaringan syaraf tiruan. Lapisan ketiga adalah lapisan *output* yang merupakan solusi jaringan syaraf tiruan terhadap permasalahan yang diberikan (Arifin dan Irawan, 2009).

Jaringan syaraf tiruan merupakan sistem komputasi yang arsitektur dan operasinya berdasarkan pengetahuan tentang sel syaraf biologi di dalam otak manusia. Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba menstimulasi proses pembelajaran pada otak manusia. Salah satu manfaat jaringan syaraf tiruan adalah dapat menggambarkan model matematis dan komputasi untuk klasifikasi data *cluster*. Model matematis ini juga mampu menangkap dan mempresentasikan hubungan *input*, *output*, dan solusinya lebih baik dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari metode tradisional (Hermawan, 2006).

Model jaringan syaraf tiruan ditunjukkan dengan kemampuannya dalam analisa, prediksi, dan asosiasi. Kemampuan yang dimiliki jaringan syaraf tiruan

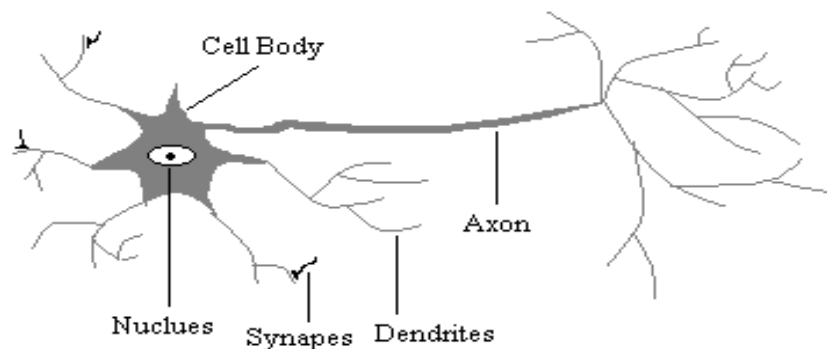
dapat digunakan untuk belajar dan menghasilkan aturan atau operasi dari beberapa contoh atau *input* yang dimasukkan dan membuat prediksi tentang kemungkinan *output* yang akan muncul atau menyimpan karakteristik *input* yang diberikan kepada jaringan syaraf tiruan. Jaringan syaraf tiruan terdiri dari beberapa *neuron* dan ada hubungan antar *neuron-neuron* seperti otak manusia. *Neuron* atau yang dikenal dengan sel saraf adalah sebuah unit pemroses informasi yang merupakan dasar operasi jaringan syaraf tiruan. Jaringan syaraf tiruan terdiri atas beberapa elemen perhitungan tak linear yang masing-masing dihubungkan melalui suatu pembobot. Pembobot inilah yang nantinya akan berubah (beradaptasi) selama proses pelatihan (Hermawan, 2006).

Pelatihan perlu dilakukan pada suatu jaringan syaraf tiruan sebelum digunakan untuk menyelesaikan masalah. Hasil pelatihan jaringan syaraf tiruan dapat diperoleh tanggapan yang benar (yang diinginkan) terhadap masukan yang diberikan walaupun masukan yang diberikan terkena derau atau berubah oleh suatu keadaan (Hermawan, 2006).

Komponen-komponen utama dari sebuah neuron adalah sebagai berikut (Fausett, 1994) :

- a. *Dendrit* bertugas menerima informasi.
- b. Badan sel (*soma*) berfungsi sebagai tempat pengolahan informasi.
- c. Akson (*neurite*), mengirimkan impuls-impuls ke sel syaraf lainnya.

Otak manusia mempunyai struktur yang kompleks dan memiliki kemampuan yang luar biasa. Otak manusia terdiri dari sel-sel syaraf (*neuron*) yang sinapsis dengan *neuron* yang lain. *Neuron-neuron* tersebut bekerja berdasarkan sinyal yang diterima dan meneruskannya ke *neuron* lainnya (Fausett, 1994).

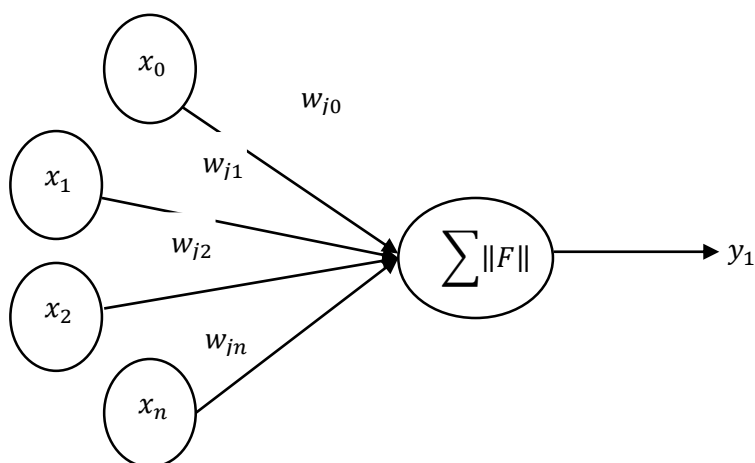


Gambar 2.1 Susunan Syaraf Manusia (Fausett, 1994)

Gambar 2.1 menunjukkan susunan syaraf pada manusia dimana untuk setiap sel syaraf (*neuron*) memiliki satu inti sel, inti sel ini nanti yang akan bertukar untuk melakukan pemrosesan informasi. Informasi yang datang akan diterima oleh dendrit. Selain menerima informasi, dendrit juga menyertai akson sebagai keluaran dari suatu pemrosesan informasi. Informasi hasil olahan ini akan menjadi masukan bagi *neuron* lain yang mana antar dendrit kedua sel-sel tersebut dipertemukan dengan sinapsis. Informasi yang dikirimkan antar *neuron* ini berupa rangsangan yang dilewatkan melalui dendrit. Informasi yang datang dan diterima oleh dendrit akan dijumlahkan dan dikirim melalui akson ke dendrit akhir yang bersentuhan dengan dendrit dari *neuron* yang lain. Informasi ini akan diterima oleh *neuron* lain jika memenuhi batasan tertentu, yang sering dikenal dengan nama lain nilai ambang (*threshold*). Pada kasus ini, *neuron* tersebut dikatakan teraktivasi. Hubungan antar *neuron* terjadi secara adaptif, artinya struktur hubungan tersebut terjadi secara dinamis. Otak manusia selalu memiliki kemampuan untuk belajar dengan melakukan adaptasi (Fausett, 1994).

2.2.3 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Arsitektur jaringan syaraf tiruan dikembangkan dengan meniru jaringan syaraf biologi. Jaringan syaraf biologi memiliki ciri khas yang tidak dimiliki oleh jaringan tubuh lain, yaitu keterhubungan yang sangat tinggi. Untuk meniru jaringan biologi, pada jaringan syaraf tiruan telah dikembangkan konsep *layer*. *Layer* adalah lapisan tempat sekumpulan *neuron*. Penghubung antara *neuron-neuron* tersebut



Gambar 2.2 Analogi Biologi dengan Satu *Neuron* (Fausett, 1994)

pada jaringan syaraf tiruan tersebut disebut bobot. Informasi berupa signal disimulasikan sebagai harga yang spesifik pada bobot. Dengan cara mengubah bobot, berarti juga mengubah struktur hubungan antar *neuron* (Fausett, 1994).

Gambar 2.2 menunjukkan arsitektur dasar jaringan syaraf tiruan satu *neuron* yang menganalogikan sel syaraf biologi, dan model arsitektur dasar dari jaringan syaraf tiruan tersebut dapat diasumsikan sebagai berikut (Fausett, 1994):

1. Masukan (x_n) sebagai *input* yang berfungsi sebagai penerima sinyal.
2. Bobot koneksi (w_{jn}) untuk menyimpan informasi.
3. Bias (w_0) yang berfungsi mengatur daerah nilai ambang.
4. Elemen pemroses dan fungsi aktivasi ($\sum ||F||$) untuk memproses informasi.
5. Keluaran (y_1) sebagai *output* yang akan menyampaikan hasil pemrosesan informasi ke sel berikutnya.

Sistem jaringan syaraf tiruan disusun dengan menggunakan model matematis dari jaringan biologi manusia. Pada dasarnya prinsip kerja jaringan syaraf tiruan yaitu diberikan serangkaian data *input* yang masing-masing menggambarkan *output* bagi *neuron* yang lain. Setiap *input* dikalikan dengan suatu faktor penimbang (bobot) tertentu yang analog dengan tegangan sinapsis dan kemudian semua data masukan terboboti itu dijumlahkan untuk menentukan tingkat aktivasi suatu *neuron* (Fausett, 1994).

2.2.4 Proses Pembelajaran

Target utama dari proses pembelajaran adalah untuk menentukan nilai bobot yang diperoleh berdasarkan *input* yang diberikan. Pada saat pembelajaran diberikan data *input* yang berbeda, maka nilai bobot akan berubah secara dinamis hingga mencapai suatu nilai yang cukup seimbang. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa tiap-tiap *input* telah berhubungan dengan *node-node* pada *output layer*, sesuai dengan yang diharapkan. Proses pembelajaran dalam jaringan syaraf tiruan terdapat tiga tipe yaitu (Fausett, 1994):

- a. Pembelajaran Tak Terawasi (*unsupervised learning*)

Pada tipe ini, tidak memerlukan target *output*. Tipe *unsupervised learning* tidak dapat ditentukan hasil seperti apakah yang diharapkan selama proses

pembelajaran. Selama proses pembelajaran, nilai bobot disusun dalam suatu interval tertentu tergantung pada nilai *input* yang diberikan. Tujuan pembelajaran ini adalah mengelompokkan unit-unit yang hampir sama dalam suatu area tertentu. Pembelajaran ini biasanya cocok untuk klasifikasi pola. Contoh algoritma jaringan syaraf tiruan yang menggunakan metode ini adalah *Competitive, Hebbian, Kohonen, Neocognitron*.

b. Pembelajaran Terawasi (*supervised learning*)

Pada tipe ini, setiap pola yang diberikan ke dalam jaringan syaraf tiruan telah diketahui target *output*-nya. Selisih antara pola *output* aktual (*output* yang dihasilkan) dengan pola *output* yang dikehendaki (*output target*) yang disebut error digunakan untuk mengoreksi bobot jaringan syaraf tiruan sehingga jaringan syaraf tiruan mampu menghasilkan *output* sedekat mungkin dengan pola target yang telah diketahui oleh jaringan syaraf tiruan.

Contoh algoritma jaringan syaraf tiruan yang menggunakan metode ini adalah *Hebbian, Perceptron, ADALINE, Boltzman, Hopfield, Learning Vector Quantization, Backpropagation*.

c. Pembelajaran Hibrida (*hybrid learning*)

Pembelajaran hibrida merupakan kombinasi dari metode pembelajaran *unsupervised learning* dan *supervised learning*, sebagian dari bobotnya ditentukan melalui pembelajaran terawasi dan sebagian yang lain melalui pembelajaran tak terawasi.

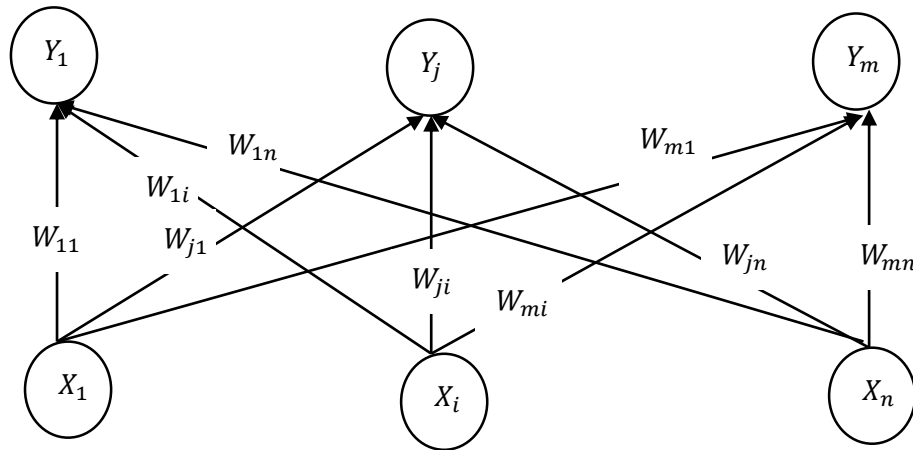
Contoh algoritma jaringan syaraf tiruan yang menggunakan metode ini adalah algoritma RBF (*Radial Basis Function*).

2.3 Jaringan Kohonen *Self Organizing Maps*

Jaringan Kohonen-SOM terdiri dari dua lapisan (*layer*), yaitu lapisan *input* dan lapisan *output*. Setiap *neuron* dalam lapisan input terhubung dengan setiap *neuron* pada lapisan *output*. Dimana *neuron* dalam lapisan *output* mempresentasikan *cluster* dari input yang di berikan (Fausett,1994). Pada jaringan syaraf tiruan Kohonen-SOM *layer* input (pertama) terhubung secara penuh dengan *layer* kompetitif (kedua) sehingga setiap *input* unit terhubung ke semua *output* unit dan pada hubungan ini terdapat nilai pembobot (*weight*) tertentu (Kohonen, 2014).

2.3.1 Arsitektur Jaringan Kohonen Self Organizing Maps

Arsitektur jaringan Kohonen-SOM digambarkan pada Gambar 2.3 (Kohonen, 2014)



Gambar 2.3 Arsitektur Jaringan Kohonen-SOM (Kohonen, 2014)

Pada jaringan ini, suatu lapisan yang berisi *neuron-neuron* akan menyusun dirinya sendiri berdasarkan input nilai tertentu dalam suatu kelompok yang dikenal dengan istilah *cluster*. Selama proses penyusunan diri, *cluster* yang memiliki vektor bobot paling cocok dengan pola input (memiliki jarak yang paling dekat) akan terpilih sebagai pemenang. *Neuron* yang menjadi pemenang beserta *neuron-neuron* tetangganya akan memperbaiki bobot-bobotnya. Apabila ingin membagi data menjadi K *cluster*, maka lapisan kompetitif akan terdiri atas K buah *neuron*. Gambar 2.3 menunjukkan salah satu contoh arsitektur jaringan Kohonen-SOM dengan n unit pada lapisan input ($X_1, X_2, X_i, \dots, X_n$), serta m unit (*neuron*) pada lapisan-lapisan *output* ($Y_1, Y_2, Y_i, \dots, Y_m$). Bobot W_{ij} memiliki pengertian bahwa bobot yang menghubungkan *neuron* ke- j pada lapisan input ke *neuron* ke- i pada lapisan *output*. Pembelajaran kompetitif dengan metode Kohonen-SOM, diawali dengan memilih secara acak suatu bobot vektor input (Kusumadewi, 2004).

2.3.2 Algoritma Jaringan Kohonen Self Organizing Maps

Algoritma jaringan Kohonen-SOM adalah sebagai berikut (Kohonen, 2014):

Langkah 0 Inisialisasi pembobotan w_{ij} , parameter *learning rate* (α), parameter radius *neighbourhood* (R).

- Langkah 1 Apabila kondisi selesai belum terpenuhi, lakukan langkah 2-8
- Langkah 2 Untuk tiap vektor input x ($x_i, i=1, \dots, n$), lakukan langkah 3-5
- Langkah 3 Untuk tiap j ($j=1, \dots, m$), hitung jarak Euclidean

$$D(j) = \|w_{ij} - x_i\| \quad (2.1)$$

- Langkah 4 Mencari indeks j dengan jarak $D(j)$ terdekat (*minimum*)
- Langkah 5 Melakukan perbaikan nilai w_{ij} dengan nilai tertentu, yaitu:

$$w_{ij}(\text{baru}) = w_{ij}(\text{lama}) + \alpha [x_i - w_{ij}(\text{lama})] \quad (2.2)$$

- Langkah 6 Melakukan update *learning rate*

$$\alpha(\text{baru}) = a \cdot \alpha(\text{lama}) \quad (2.3)$$

- Langkah 7 Mereduksi radius dari fungsi tetangga pada waktu tertentu (*epoch*)
- Langkah 8 Uji kondisi penghentian.

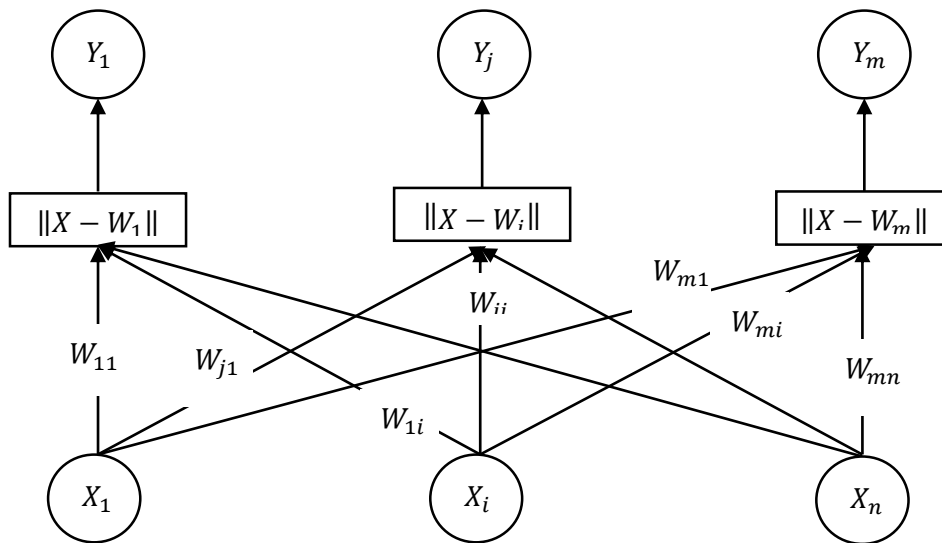
2.4 Jaringan *Learning Vector Quantization* (Jaringan LVQ)

Jaringan LVQ adalah jaringan yang terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan *input* dan lapisan *output* dimana suatu lapisan kompetitif akan secara otomatis melakukan pembelajaran pada lapisan kompetitif yang terawasi. Suatu lapisan kompetitif akan secara otomatis belajar untuk mengklasifikasikan vektor-vektor *input*. Kelas-kelas yang didapat sebagai hasil dari lapisan kompetitif, bergantung pada jarak antar vektor *input*. Jika dua vektor mendekati sama, maka lapisan kompetitif akan meletakkan kedua vektor *input* dalam kelas yang sama (Fausett, 1994).

Jaringan LVQ digunakan untuk mengelompokkan yang setiap unit *output* mewakili sebuah kelas atau kategori tertentu. Vektor bobot dari sebuah unit *output* digunakan sebagai vektor referensi untuk kelas yang menggambarkan unit. Selama proses *training*, diasumsikan bahwa himpunan dari *input training* dengan kelas teori diketahui telah disediakan yang disajikan dalam data berlabel kelas, bersama dengan distribusi awal dari vektor referensi, sedangkan untuk unit *output* atau target digunakan untuk memperkirakan keputusan dari hasil kelas yang terbentuk (Wu and Yang, 2006).

2.4.1 Arsitektur Jaringan *Learning Vector Quantization*

Menurut Wu dan Yang, arsitektur LVQ sama halnya dengan arsitektur Kohonen-SOM. Jaringan LVQ juga memiliki 2 lapisan yaitu lapisan *input* (X) dan lapisan *output* (Y) dimana antara lapisannya dihubungkan oleh bobot tertentu sebagai *weight* (W) pada *neuron*. Informasi yang diberikan ke jaringan pada saat pembelajaran bukan hanya sekedar vektor data saja melainkan informasi kelas dari data masukan (Fausett, 1994).



Gambar 2.4 Arsitektur Jaringan LVQ (Fausett, 1994)

Ketika hasil pemrosesan jaringan memberikan hasil kelas yang sama dengan informasi kelas yang diberikan di awal, maka vektor perwakilan akan disesuaikan agar lebih dekat dengan vektor masukan. Sebaliknya ketika hasil kelas tidak sama dengan informasi kelas yang diberikan di awal, maka vektor perwakilan akan disesuaikan agar menjauhi vektor masukan.

2.4.2 Algoritma Jaringan *Learning Vector Quantization*

Untuk algoritma jaringan LVQ adalah untuk mencari unit output yang terdekat dengan vektor input. Jika x dan w_j merupakan kelas yang sama, kemudian dipindahkan bobot terhadap vektor input baru jika x dan w_j memiliki kelas yang berbeda, lalu dipindahkan bobot dari *input* vektor. Algoritma LVQ adalah sebagai berikut (Fausett, 1994) :

- Langkah 0 : Inisialisasi vektor referensi dan *learning rate* (α).
- Langkah 1 : Bila kondisi STOP belum dipenuhi, lakukan Langkah 2 – 6.
- Langkah 2 : Untuk setiap vektor input training lakukan Langkah 3 – 4
- Langkah 3 : Dapatkan j sedemikian hingga $\|X - W_j\|$ minimum.
- Langkah 4 : Update matriks bobot W_j sebagai berikut

Jika $T = C_j$, maka

$$W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) + \alpha[X - W_j(\text{lama})] \quad (2.4)$$

Jika $T \neq C_j$, maka

$$W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) - \alpha[X - W_j(\text{lama})] \quad (2.5)$$

Dengan T adalah data label sebagai kelas awal, dan C_j adalah kelas *output* sebagai hasil dari pelatihan jaringan LVQ.

Langkah 5 : Reduksi learning rate

Langkah 6 : Tes kondisi STOP.

Kondisi bisa merupakan bilangan tetap dari iterasi.

2.5 Validasi Cluster

Dalam proses *clustering*, evaluasi sistem sudah menjadi bagian penting dalam proses membangun model *clustering*, ukuran dan metode untuk mengevaluasi. Model dibangun menggunakan set data latih dengan sejumlah parameter yang diminta oleh metode yang digunakan. Dalam analisis *cluster*, evaluasi dilakukan dengan melakukan pemrosesan data secara alami dengan algoritma yang berjalan sendiri sehingga didapatkan kelompok-kelompok yang terbentuk secara alami pula.

Validasi merupakan usaha yang dilakukan untuk menjamin bahwa hasil *cluster* adalah representatif terhadap populasi secara umum, dengan demikian dapat digeneralisasi untuk objek yang lain dan stabil untuk waktu tertentu. Validasi *cluster* yang digunakan dalam tesis ini menggunakan *Davies-Bouldin Index* (Mali and Mitra, 2003).

Davies-Bouldin Index

Validasi *cluster Davies-Bouldin Index* (DBI) diperkenalkan oleh David L. Davies dan Donald W. Bouldin pada tahun 1979 yang digunakan untuk

mengevaluasi *cluster*. Validasi internal yang dilakukannya adalah seberapa baik pengelompokan sudah dilakukan dengan menghitung kuantitas dan fitur turunan dari set data (Prasetyo, 2014).

Sum of square within cluster (SSW) dalam sebuah *cluster* diformulasikan sebagai berikut (Zhao,Q., 2012) :

$$SSW_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} d(x_j, c_i) \quad (2.5)$$

dengan m_i adalah jumlah data yang berada dalam *cluster* ke- i , sedangkan c_i adalah *centroid cluster* ke- i .

Sum of square between cluster (SSB) dengan mengukur jarak dua *cluster*, misalnya *cluster-i* dan *cluster-j*, dengan formula mengukur jarak antara *centroid* c_i dan c_j pada persamaan berikut (Zhao,Q., 2012) :

$$SSB = d(c_i, c_j) \quad (2.6)$$

Didefinisikan R_{ij} adalah ukuran rasio seberapa baik nilai perbandingan antara *cluster* ke- i dan *cluster* ke- j . Nilainya didapatkan dari komponen SSW dan SSB. *Cluster* yang baik adalah *cluster* yang memiliki SSW sekecil mungkin dan SSB yang sebesar mungkin. R_{ij} diformulasikan dengan persamaan berikut (Zhao,Q., 2012) :

$$R_{i,j} = \frac{SSW_i + SSW_j}{SSB_{i,j}} \quad (2.7)$$

Sifat-sifat yang dimiliki R_{ij} sebagai berikut (Zhao,Q., 2012) :

1. $R_{i,j} \geq 0$
2. $R_{i,j} = R_{j,i}$
3. Jika $SSW_j \geq SSW_r$ dan $SSB_{i,j} = SSB_{i,r}$ maka $R_{i,j} > R_{i,r}$
4. Jika $SSW_j = SSW_r$ dan $SSB_{i,j} \leq SSB_{i,r}$ maka $R_{i,j} > R_{i,r}$

Nilai *Davies-Bouldin Index* (DBI) didapatkan dari persamaan berikut (Zhao,Q., 2012) :

$$DBI = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \max(R_{i,j}) ; K = \text{jumlah cluster yang digunakan} \quad (2.8)$$

Secara esensial, DBI menginginkan nilai sekecil (*non – negatif* ≥ 0) mungkin untuk menilai baiknya *cluster* yang didapat. Nilai yang didapat bisa

digunakan sebagai pendukung keputusan untuk menilai jumlah klaster yang paling cocok digunakan.

2.6 Kualitas Air Sungai

2.6.1 Pencemaran Air Sungai

Mengacu pada Undang-Undang Nomer 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Pencemaran air didefinisikan sebagai pembuangan substansi dengan karakteristik dan jumlahnya yang menyebabkan estetika, bau dan rasa menjadi terganggu dan atau menimbulkan potensi kontaminasi (Suripin, 2002).

Permasalahan air limbah yang menurunkan kualitas badan air perlu diperhatikan karena sebagian besar limbah cair sisa aktivitas manusia langsung dibuang ke saluran. Maka dari itu seiring dengan bertambahnya penduduk bertambah pula beban pencemaran air sungai. Sumber pencemaran merupakan komponen yang mengakibatkan polusi atau pencemaran di dalam air. Ciri-ciri air yang mengalami pencemaran sangat bervariasi, tergantung jenis air dan polutannya. Polusi air dapat disebabkan oleh sumber dan jenis polutan yang sangat bervariasi (Sunu, 2001).

Laporan penelitian menunjukkan bahwa terdapat 483 industri yang terletak di sepanjang Sungai Brantas membuang limbah langsung ke sungai. Beban pencemaran Kali Surabaya diperkirakan mencapai 125 ton BOD/hari. Sebanyak 96% dari total beban tersebut berasal dari 45 industri dengan potensi pencemar sangat berat (Status Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2013).

Studi kualitas lingkungan hidup di Jawa Timur yang dilakukan oleh Bappedal dan Lembaga Penelitian ITS Surabaya menyatakan bahwa pencemaran berat yang terjadi pada bagian hilir Kali Surabaya disebabkan oleh limbah industri dan limbah domestik di daerah padat penduduk. Pada studi pemetaan industri, lokasi yang berpotensi tercemar yang dilakukan oleh Dinas Perindustrian dan Perdagangan Jawa Timur dan Jurusan Teknik Lingkungan menyatakan bahwa

pencemaran air Kali Surabaya terjadi dimulai pada DAM Jagir/Ngagel dan tingkat pencemaran tertinggi adalah setelah ada masukan dari Kali Tengah (Masduqi dan Apriliani, 2008).

2.6.2 Sumber Pencemaran Air Sungai

Secara umum pencemaran air berdasarkan sumbernya dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu sumber kontaminan langsung dan tidak langsung. Sumber langsung meliputi *efluen* yang keluar dari industri, TPA (Tempat Pembuangan Akhir) sampah, dan sebagainya. Sumber tidak langsung merupakan kontaminan yang memasuki badan air dengan cara merembes dari tanah, atmosfer berupa hujan, maupun pembuangan langsung lainnya ke badan sungai yang dilakukan sewaktu-waktu (Status Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2012).

Penyebab pencemaran air juga dapat digolongkan berdasarkan aktifitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, yaitu limbah yang berasal dari industri, rumah tangga ataupun pertanian. Polutan air merupakan komponen yang mengakibatkan polusi atau pencemaran di dalam air. Ciri-ciri air yang mengalami pencemaran sangat bervariasi, tergantung dari jenis dan polutannya. Polusi air dapat disebabkan oleh sumber dan jenis polutan yang sangat bervariasi.

Menurut Effendi (2003) terdapat 2 bentuk pencemar, yaitu:

1. *Point Sources* (Sumber Tertentu) ; merupakan sumber pencemar yang membuang efluen (limbah cair) melalui pipa, selokan atau saluran air kotor ke dalam badan air pada lokasi tertentu. Misalnya pabrik, tempat-tempat pengolahan limbah cair (yang menghilangkan sebagian tetapi tidak seluruh zat pencemar), tempat-tempat penambangan yang aktif dan lain-lain. Karena lokasinya yang spesifik, sumber-sumber ini relatif lebih mudah diidentifikasi, dimonitor, dan dikenakan peraturan-peraturan.
2. *Non-point Sources* (Sumber tak Tentu) ; terdiri dari banyak sumber yang tersebar yang membuang efluen, baik ke dalam badan air maupun tanah pada suatu daerah yang luas. Contohnya adalah limpasan air dari ladang-ladang pertanian, peternakan, lokasi pembuangan, tempat parkir dan jalan raya. Pengendalian sumber pencemar ini cukup sulit dan membutuhkan biaya yang tinggi untuk mengidentifikasi dan mengendalikan sumber-sumber pencemar

yang tersebar tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pendekatan terpadu dengan penekanan pada pencegahan pencemar. Pencegahan tersebut dapat dilakukan salah satunya melalui pantauan ruang yang baik.

Secara umum penyebab pencemaran air dapat digolongkan berdasarkan aktifitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, yaitu limbah yang berasal dari industri, rumah tangga dan pertanian (Effendi, 2003). Dalam inventarisasi sumber pencemar air diperlukan data dan informasi untuk mengenali, mengelompokkan serta memperkirakan besaran dari sumber pencemar air. Sumber pencemar air berdasarkan karakteristik limbah yang dihasilkan dapat dibedakan menjadi sumber limbah domestik dan sumber limbah non-domestik. Sumber limbah domestik umumnya berasal dari daerah pemukiman penduduk dan sumber limbah non-domestik berasal dari kegiatan seperti industri, pertanian dan peternakan, perikanan, pertambangan, atau kegiatan yang bukan berasal dari wilayah pemukiman (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 1 Tahun 2010).

Tabel 2.1 Klasifikasi Sumber Pencemar Air

Karakteristik Limbah	Sumber Tertentu (<i>Point Source</i>)	Sumber Tak Tentu (<i>Non-Point Source</i>)
Limbah Domestik	Aliran limbah urban dalam sistem saluran dan sistem pembuangan limbah domestik terpadu	Aliran limbah daerah pemukiman di Indonesia pada umumnya
Limbah Non-Domestik	Aliran limbah industri, pertambangan	Aliran limbah pertanian, peternakan, dan kegiatan usaha kecil-menengah

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 1 Tahun 2010

2.6.3 Definisi Kualitas Air Sungai

Kualitas air pada dasarnya dapat dilakukan dengan pengujian untuk membuktikan apakah air itu layak dikonsumsi atau tidak. Menurut Riyadi (1984), parameter-parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas air meliputi sifat fisik, kimia, dan biologis. Parameter-parameter tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Fisik

Parameter fisik air yang sangat menentukan kualitas air adalah kekeruhan (turbiditas), suhu, warna, bau, rasa, daya hantar listrik, jumlah padatan tersuspensi dan padatan terlarut.

2. Kimia

Sifat kimia yang dapat dijadikan indikator yang menentukan kualitas air adalah pH, BOD, COD, DO, minyak-lemak, kalium, magnesium, mangan, besi, sulfida, amoniak, nitrit, nitrat, fosfat, logam berat.

3. Biologis

Organisme dalam perairan dapat dijadikan indikator pencemaran suatu lingkungan perairan, misalnya bakteri, ganggang, benthos dan ikan.

Penentuan kualitas air, pada dasarnya dapat dilakukan dengan pengujian untuk membuktikan apakah air tersebut layak untuk dikonsumsi atau tidak. Penetapan standar sebagai batas mutu minimal yang harus dipenuhi ditentukan oleh standar internasional, standar nasional maupun standar perusahaan.

2.6.4 Parameter Kualitas Air

Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)

Kebutuhan oksigen biokimia menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan air limbah. Nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan tersebut. Jika konsumsi oksigen tinggi yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut, maka kandungan bahan-bahan buangan membutuhkan oksigen tinggi (Karnaningroem, 2006).

BOD hanya menggambarkan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biologis. Bahan organik ini dapat berupa lemak, protein, kanji, glukosa, aldehida, ester, dan sebagainya. Dekomposisi selulosa secara biologis berlangsung relatif lambat. Bahan organik merupakan hasil pembusukan tumbuhan dan hewan yang telah mati atau hasil buangan limbah domestik dan industri (Effendi, 2003).

Kebutuhan Oksigen Kimia (COD)

Kebutuhan oksigen kimia merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis (Suripin, 2002).

COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi. Pada prosedur penentuan COD, oksigen yang dikonsumsi setara dengan jumlah dikromat yang diperlukan untuk mengoksidasi air sampel (Karnaningroem, 2006).

Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan parameter mutu air yang penting karena nilai oksigen terlarut dapat menunjukkan tingkat pencemaran atau tingkat pengolahan air limbah. Oksigen terlarut ini akan menentukan kesesuaian suatu jenis air sebagai sumber kehidupan biota (Sunu, 2001).

Oksigen terlarut dapat berasal dari proses fotosintesis tanaman air, dalam jumlahnya tidak tetap tergantung pada jumlah tanamannya, dan dari atmosfer yang masuk kedalam air dengan kecepatan terbatas. Konsentrasi oksigen terlarut yang terlalu rendah akan mengakibatkan ikan-ikan atau binatang air lainnya yang membutuhkan oksigen akan mati. Sebaliknya konsentrasi oksigen terlarut yang terlalu tinggi akan mati juga mengakibatkan proses pengkaratan semakin cepat, karena mengakibatkan hydrogen yang melapisi permukaan logam (Suripin, 2002).

Kadar oksigen terlarut diperairan alami bervariasi, tergantung pada suhu. Semakin besar suhu dan ketinggian serta semakin kecil tekanan atmosfer kadar oksigen terlarut semakin kecil. Semakin tinggi suatu tempat dari permukaan air laut, tekanan atmosfer semakin rendah. Kadar oksigen terlarut juga berfluktuasi secara harian dan musiman tergantung kepada pencemaran dan pergerakan massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi air limbah yang masuk ke dalam badan air (Effendi, 2003).

2.6.5 Baku Mutu Parameter Kualitas Air

Penetapan standar sebagai batas mutu minimal yang harus dipenuhi telah ditentukan oleh standar internasional, standar nasional, maupun standar

perusahaan. Di dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air disebutkan bahwa mutu air diklasifikasikan menjadi 4 kelas, yang terdiri dari :

a. Kelas I

Dapat digunakan untuk air baku air minum dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama.

b. Kelas II

Dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama.

c. Kelas III

Dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, pengairan pertamanan dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama.

d. Kelas IV

Dapat digunakan untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama.

Sedangkan untuk ambang batas klasifikasi untuk tiap parameter yang bersumber pada Laporan Status Lingkungan Hidup Surabaya tahun 2012, dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Baku Mutu Parameter Kualitas Air

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
BOD	mg/liter	2	3	6	12
COD	mg/liter	10	25	50	100
DO	mg/liter	6	4	3	0

Sumber : Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001

2.7 Analisa Penentuan Status Mutu Air dengan Indeks Pencemaran

Status mutu air adalah tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi tercemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan (Keputusan Menteri

Negara Lingkungan Hidup, 2003). Pengelolaan kualitas air atas dasar Indeks Pencemaran berdasarkan baku mutu (IP_j) ini dapat memberi masukan pada pengambil keputusan agar dapat menilai kualitas badan air untuk suatu peruntukan serta melakukan tindakan untuk memperbaiki jika terjadi penurunan kualitas akibat kehadiran senyawa pencemar. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung Indeks Pencemaran berdasarkan baku mutu (IP_j) (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2003) :

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M^2 + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R^2}{2}} \quad (2.8)$$

Dengan :

i = titik pantau ($i = 1, 2, \dots, 12$)

j = baku mutu ($j = 1, 2, 3$; dengan 1 = BOD, 2 = COD, 3 = DO)

IP_j = Indeks Pencemaran berdasarkan baku mutu (j)

C_i = Konsentrasi parameter kualitas air pada titik (i) saat pengukuran

L_{ij} = Konsentrasi parameter kualitas air pada titik (i) dalam baku mutu (j)

$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M$ = Nilai $\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)$ maksimum pada titik (i) dalam baku mutu (j)

$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R$ = Nilai $\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)$ rata – rata pada titik (i) dalam baku mutu (j)

Evaluasi terhadap Indeks Pencemaran (IP_j) berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2003 adalah :

$0 \leq IP_j \leq 1,0$ = status baik (memenuhi baku mutu air)

$1,0 < IP_j \leq 5,0$ = tercemar ringan

$5,0 < IP_j \leq 10,0$ = tercemar sedang

$IP_j > 10,0$ = tercemar berat

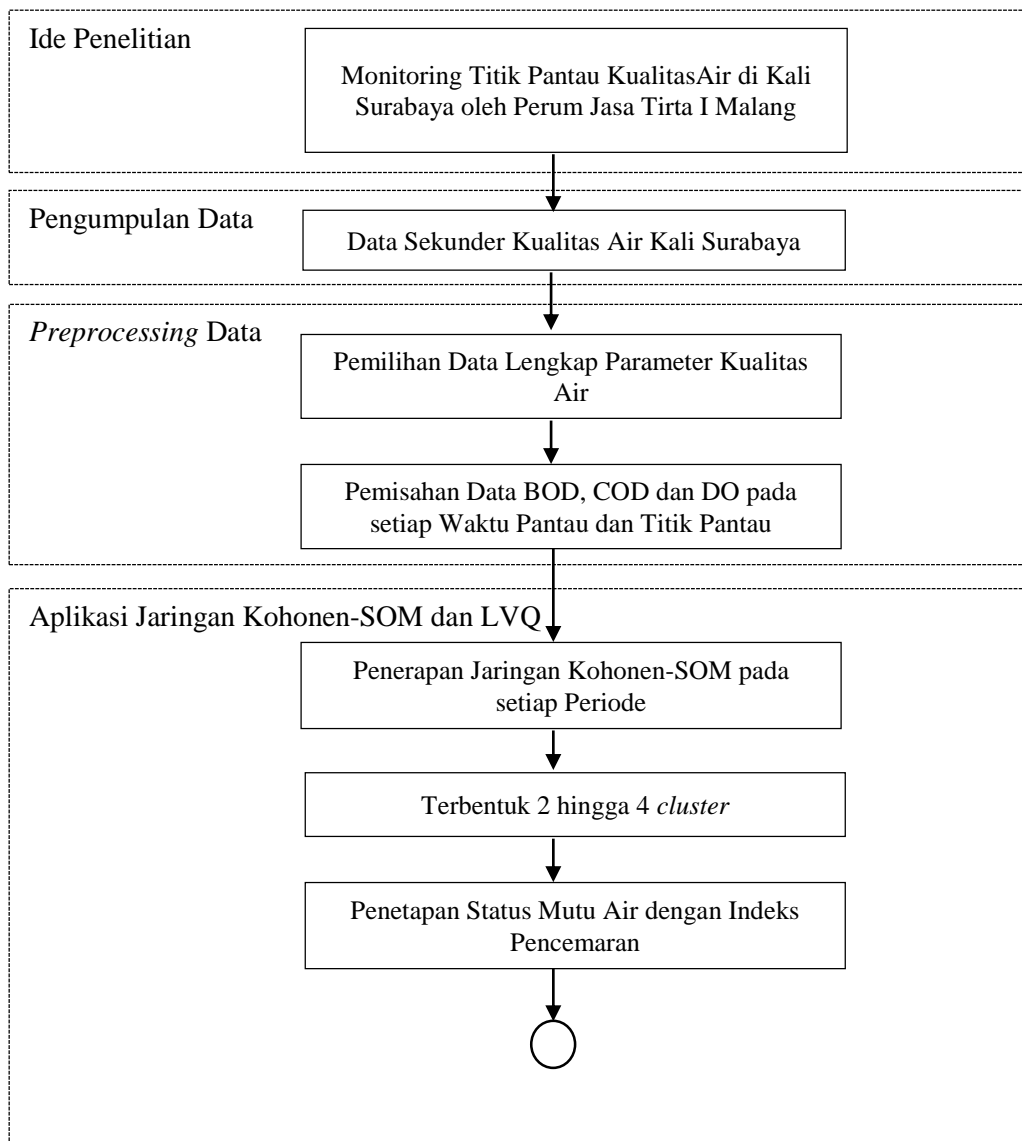
BAB III

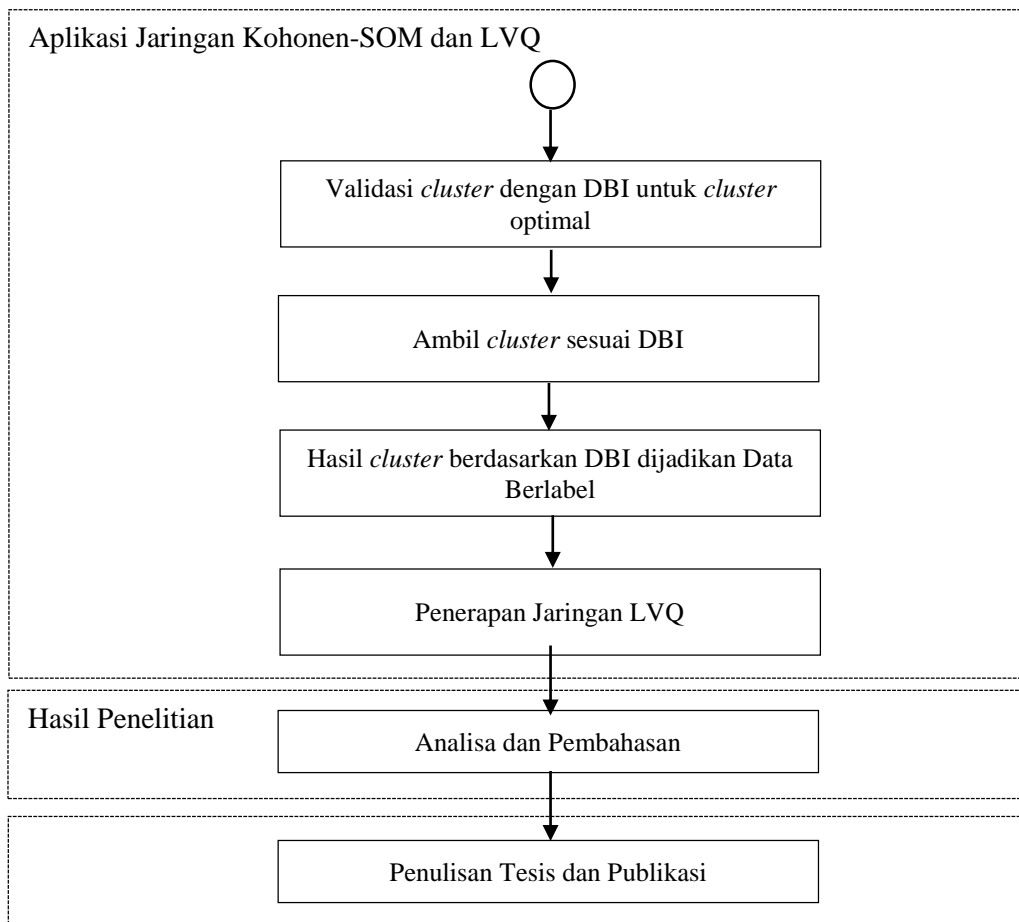
METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini akan diuraikan metodologi penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian.

3.1 Tahap Metodologi Penelitian

Tahapan metodologi penelitian pada Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Kohonen *Self Organizing Maps* dan *Learning Vector Quantization* pada Data Kualitas Air Kali Surabaya secara umum digambarkan pada diagram penelitian berikut ini.





Gambar 3.1 Diagram Penelitian

a. Ide Penelitian

Titik pantau kualitas air yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Surabaya (BLH Surabaya) maupun Perum Jasa Tirta I Malang (PJT I Malang) dilakukan dengan pengambilan air secara satu persatu pada setiap titik pantau tanpa melihat karakteristik kondisi air sungai pada waktu pantau yang dilakukan. Dengan adanya pengelompokan titik pantau berdasarkan waktu pantau dengan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ untuk pengambilan sampel air diharapkan dapat membantu petugas di lapangan untuk mengetahui karakteristik kondisi air pada setiap waktu pantau sehingga dapat meminimalisir waktu dan biaya untuk keperluan monitoring.

b. Pengumpulan Data

Pengambilan data pada tesis ini adalah data sekunder kualitas air Kali Surabaya dari Perum Jasa Tirta I Malang dari bulan Januari tahun 2010 hingga Juni tahun 2013 dengan waktu pemantauan setiap bulan pada titik pantau. Titik pantau yang diamati sebagai objek penulisan disajikan pada **Gambar 4.1** dengan keterangan gambar pada **Tabel 4.1**.

c. *Preprocessing* Data

Preprocessing data kualitas air dilakukan dengan melihat data sekunder kualitas air Kali Surabaya secara lengkap. Untuk beberapa parameter air, terdapat titik pantau dengan kondisi tidak terdeteksi nilai parameternya. Dalam penelitian ini digunakan data kualitas air yaitu BOD, COD dan DO yang hanya memiliki 1 *event* untuk data kualitas air dengan parameter DO tidak terdeteksi (tt) pada titik pantau Muara Kali Tengah yaitu pada waktu pantau 16 Agustus 2010. Sementara untuk *event* yang lain terdeteksi secara lengkap. Pemilihan parameter ini berdasarkan baku mutu kualitas air sungai menurut Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 dan Karnaningroem pada 2006.

Untuk data konsentrasi parameter kualitas air sebelum digunakan, terlebih dahulu dilakukan uji data dengan menggunakan *software* Minitab versi 17 dengan tujuan untuk memeriksa kondisi data sekunder yang diperoleh dari Perum Jasa Tirta I Malang.

d. Aplikasi Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ

Pada tahap ini dibuat program yang memuat tahapan pelatihan dan pengujian Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dengan menggunakan *software* MATLAB, dan proses running dilakukan pada komputer dengan *processor* Intel Inside Core i7 dengan *processor speed* (GHz) 2.40 GHz up to 3.4 GHz.

Salah satu ukuran kebaikan model adalah adanya *Mean Square Error* (MSE) yang kecil. MSE dihitung dengan perumusan sebagai berikut

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (W_{akhir}(i,j) - W_{awal}(i,j))^2}{N}$$

dengan N = jumlah elemen W_{akhir}

Jika nilai MSE yang dihasilkan dari model ini sangat kecil, menunjukkan bahwa model yang dihasilkan cukup dekat dengan kenyataan yang sesungguhnya (Fausett, 1994).

Perhitungan kebaikan model juga memperhatikan nilai *Standart Error of Estimation* (SSE) yang dirumuskan dengan

$$SEE = \sqrt{MSE}$$

Sama halnya dengan nilai MSE, nilai SEE juga diharapkan memiliki nilai yang sangat kecil yang menunjukkan bahwa model yang diharapkan cukup dekat dengan kenyataan yang sesungguhnya (Suharjo, 2013).

e. Hasil Penelitian

Pada tahapan ini dilakukan penulisan tesis dan pembuatan jurnal untuk publikasi ilmiah.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Ruang Lingkup Penelitian di Kali Surabaya

Lokasi pemantauan titik air sebagai wilayah penelitian dalam tesis ini berada pada Badan Sungai Kali Surabaya. Penentuan lokasi pemantauan berdasarkan data dari Perum Jasa Tirta I Malang (Perum Jasa Tirta I Malang, 2014). Berikut adalah tabel lokasi pemantauan untuk titik pantau kualitas air yang berada pada badan sungai Kali Surabaya dan titik pantau yang berasal dari anak sungai yang merupakan masukan ke badan sungai utama Kali Surabaya.

Tabel 4.1 Objek Pemantauan Titik Pantau Air pada Kali Surabaya

Titik Pantau (TP)	Nama Titik Pantau	Badan Sungai	Lokasi dari Hilir (Jagir/Ngagel)	Keterangan Gambar (4.1)
1	Jembatan Cangu	Surabaya	40,40 km	TP 1
3	Jembatan Pening	Surabaya	35,40 km	TP 3
4	Jembatan Jrebeng	Surabaya	24,15 km	TP 4
5	Cangkir Tambangan	Surabaya	16,65 km	TP 5
7	Bambe Tengah	Surabaya	11,75 km	TP7
8	Karangpilang	Surabaya	9,25 km	TP 8
9	Jembatan Sepanjang	Surabaya	8,10 km	TP 9
10	Bendungan Gunungsari	Surabaya	2,65 km	TP 10
12	Ngagel/Jagir	Surabaya	0 km	TP 12

Sumber : Perum Jasa Tirta I Malang, 2104

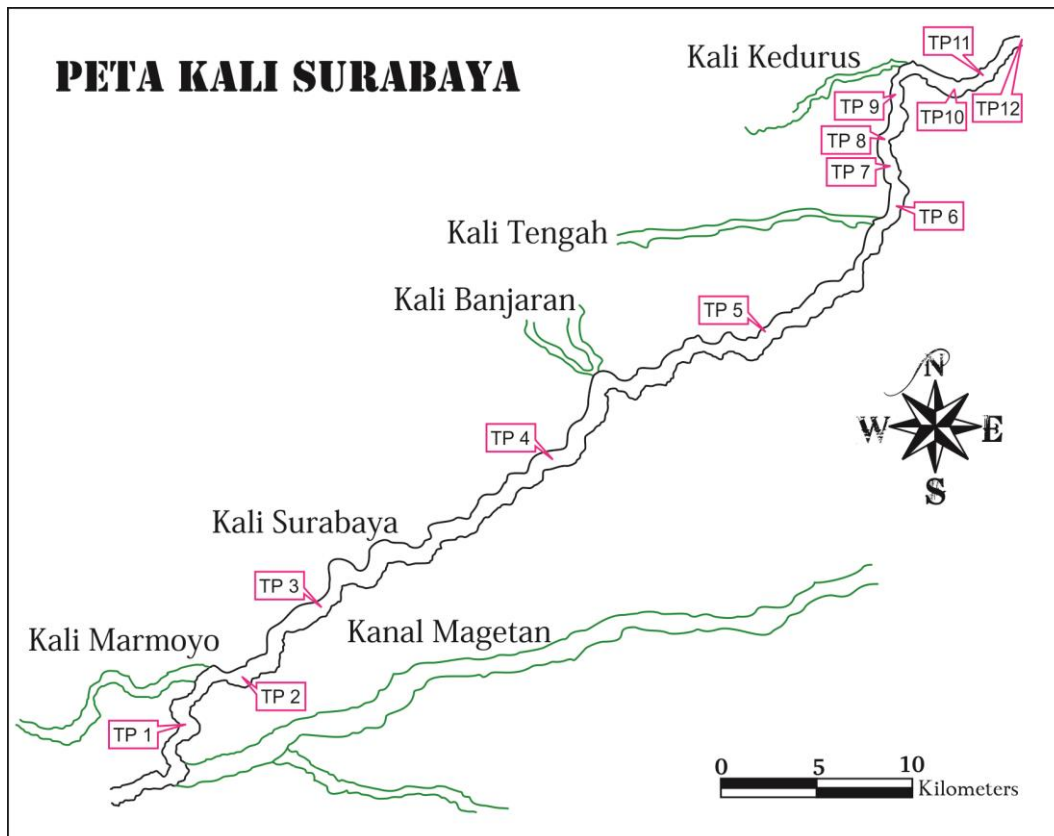
Sedangkan untuk titik pantau yang berasal dari adanya masukan ke badan sungai Kali Surabaya, disajikan pada tabel berikut ini

Tabel 4.1 Objek Pemantauan Titik Pantau Air pada Kali Surabaya (Lanjutan)

Titik Pantau (TP)	Nama Titik Pantau	Anak Sungai	Lokasi dari Hilir (Jagir/Ngagel)	Keterangan Gambar (4.1)
2	Jembatan Jetis	Marmoyo	39,20 km	TP 2
6	Muara Kali Tengah	Tengah	13,70 km	TP 6
11	Muara Kali Kedurus	Kedurus	1,45 km	TP 11

Sumber : Perum Jasa Tirta I Malang, 2104

Gambar 4.1 berikut menunjukkan lokasi pemantauan titik pantau air wilayah penelitian pada tesis ini. Pada peta, dialog warna magenta menunjukkan lokasi pantau, garis hitam menunjukkan aliran Kali Surabaya, garis hijau menunjukkan aliran anak sungai yang bermuara di Kali Surabaya. Untuk keterangan gambar dapat dilihat pada Tabel 4.1 di atas.

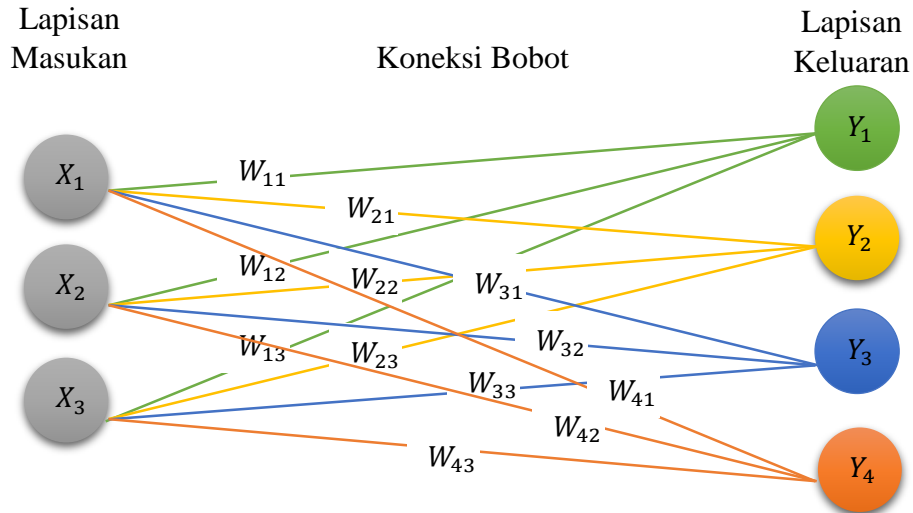


Gambar 4.1 Aliran Kali Surabaya sebagai Wilayah Penelitian (Google Earth, 2015)

4.2 Proses Pelatihan Secara Manual Jaringan Kohonen *Self Organizing Maps*

Jaringan Kohonen-SOM adalah jaringan *single layer* yang terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan *input* dan lapisan *output* terdiri atas 46 unit *input* yang diambil dari waktu pantau pada setiap periode, sedangkan unit *output* terdiri dari empat unit *output* yang diambil dari banyaknya kategori mutu air.

Arsitektur jaringan Kohonen-SOM dalam penelitian ini adalah sebagai berikut dengan $X_1 = BOD$, $X_2 = COD$ dan $X_3 = DO$ sedangkan untuk $Y_1 = Cluster 1$, $Y_2 = Cluster 2$, $Y_3 = Cluster 3$, dan $Y_4 = Cluster 4$:



Gambar 4.2 Arsitektur Jaringan Kohonen-SOM Permasalahan Titik Pantau Kualitas Air (Berdasarkan Gambar 2.3)

Berikut akan disajikan proses pelatihan secara manual algoritma Kohonen-SOM pada data kualitas air Kali Surabaya dengan parameter BOD, COD dan DO periode 5 dengan 12 titik pantau.

Inisialisasi awal parameter Kohonen *Self Organizing Maps*:

$\alpha = 0,001$; dengan α adalah *learning rate*

$a = 0,5$; dengan a adalah penurunan *learning rate*

Iterasi = 5000 ; iterasi merupakan batas proses pelatihan berhenti

Inisialisasi *Weight* dengan 2 *cluster*

$$Weight = \begin{bmatrix} 13,8028 & 85,3754 & 1,4518 \\ -0,1708 & -27,7415 & 0,7364 \end{bmatrix}$$

Untuk *Weight* pada baris 1 menunjukkan $W1$, dan pada baris 2 menunjukkan $W2$. Vektor masukan yang digunakan adalah data kualitas air dengan parameter yang digunakan adalah BOD, COD dan DO.

Iterasi ke-1

- $Record_1$

Vektor Masukan = (6,01 26,552 7,03)

$$D(1) = \|W1 - Record_1\|$$

$$D(1) = \sqrt{(13,8028 - 6,01)^2 + (85,3754 - 26,552)^2 + (1,4518 - 7,03)^2} \\ = 59,5990$$

$$D(2) = \|W2 - Record_1\|$$

$$D(2) = \sqrt{(-0,1708 - 6,01)^2 + (-27,7415 - 26,552)^2 + (0,7364 - 7,03)^2} \\ = 55,0054$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 2$, vektor bobot pada baris kedua dimodifikasi dengan rumus $W2(baru) = W2(lama) + \alpha \cdot (Record_1 - W2(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} 0,7269 & 0,7992 & 0,7393 \\ -0,1641 & -27,6958 & 0,7421 \end{bmatrix}$$

- $Record_2$

$$\text{Vektor Masukan} = (4,92 \quad 15,3050 \quad 5,59)$$

$$D(1) = \|W1 - Record_2\|$$

$$D(1) = \sqrt{(0,7269 - 4,92)^2 + (0,7992 - 15,3050)^2 + (0,7393 - 5,59)^2} \\ = 15,8597$$

$$D(2) = \|W2 - Record_2\|$$

$$D(2) = \sqrt{(-0,1641 - 4,92)^2 + (-27,6958 - 15,3050)^2 + (0,7421 - 5,59)^2} \\ = 43,5709$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 1$, vektor bobot pada baris pertama dimodifikasi dengan rumus $W1(baru) = W1(lama) + \alpha \cdot (Record_2 - W1(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} 0,7329 & 0,8124 & 0,7445 \\ -0,1641 & -27,6958 & 0,7421 \end{bmatrix}$$

- $Record_3$

$$\text{Vektor Masukan} = (5,39 \quad 21,158 \quad 5,58)$$

$$D(1) = \|W1 - Record_3\|$$

$$D(1) = \sqrt{(0,7329 - 5,39)^2 + (0,8124 - 21,158)^2 + (0,7445 - 5,58)^2} \\ = 21,4246$$

$$D(2) = \|W2 - Record_3\|$$

$$D(2) = \sqrt{(-0,1641 - 5,39)^2 + (-27,6958 - 21,158)^2 + (0,7421 - 5,58)^2}$$

$$= 49,4059$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 1$, vektor bobot pada baris pertama dimodifikasi dengan rumus $W1(baru) = W1(lama) + \alpha \cdot (Record_3 - W1(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} \mathbf{0,7350} & \mathbf{0,8349} & \mathbf{0,7496} \\ -0,1641 & -27,6958 & 0,7421 \end{bmatrix}$$

- $Record_4$

Vektor Masukan = (4,01 21,005 3,64)

$$D(1) = \|W1 - Record_4\|$$

$$D(1) = \sqrt{(0,7350 - 4,01)^2 + (0,8349 - 21,005)^2 + (0,7496 - 3,64)^2}$$

$$= 20,6377$$

$$D(2) = \|W2 - Record_4\|$$

$$D(2) = \sqrt{(-0,1641 - 4,01)^2 + (-27,6958 - 21,005)^2 + (0,7421 - 3,64)^2}$$

$$= 48,9652$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 1$, vektor bobot pada baris pertama dimodifikasi dengan rumus $W1(baru) = W1(lama) + \alpha \cdot (Record_4 - W1(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} \mathbf{0,7437} & \mathbf{0,8587} & \mathbf{0,7545} \\ -0,1641 & -27,6958 & 0,7421 \end{bmatrix}$$

- $Record_5$

Vektor Masukan = (4,9 23,4120 6,41)

$$D(1) = \|W1 - Record_5\|$$

$$D(1) = \sqrt{(0,7437 - 4,9)^2 + (0,8587 - 23,4120)^2 + (0,7545 - 6,41)^2}$$

$$= 23,6201$$

$$D(2) = \|W2 - Record_5\|$$

$$D(2) = \sqrt{(-0,1641 - 4,9)^2 + (-27,6958 - 23,4120)^2 + (0,7421 - 6,41)^2}$$

$$= 51,6699$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 1$, vektor bobot pada baris pertama dimodifikasi dengan rumus $W1(baru) = W1(lama) + \alpha \cdot (Record_5 - W1(lama))$, sehingga diperoleh:

$$Weight = \begin{bmatrix} 0,7491 & 0,8895 & 0,7595 \\ -0,1641 & -27,6958 & 0,7421 \end{bmatrix}$$

- $Record_6$

$$\text{Vektor Masukan} = (7,73 \quad 33,729 \quad 3,15)$$

$$D(1) = \|W1 - Record_6\|$$

$$\begin{aligned} D(1) &= \sqrt{(0,7491 - 7,73)^2 + (0,8895 - 33,729)^2 + (0,7595 - 3,15)^2} \\ &= 33,6583 \end{aligned}$$

$$D(2) = \|W2 - Record_6\|$$

$$\begin{aligned} D(2) &= \sqrt{(-0,1641 - 7,73)^2 + (-27,6958 - 33,729)^2 + (0,7421 - 3,15)^2} \\ &= 61,9768 \end{aligned}$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 1$, vektor bobot pada baris pertama dimodifikasi dengan rumus $W1(\text{baru}) = W1(\text{lama}) + \alpha \cdot (Record_6 - W1(\text{lama}))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} 0,7572 & 0,9294 & 0,7603 \\ -0,1641 & -27,6958 & 0,7421 \end{bmatrix}$$

- $Record_7$

$$\text{Vektor Masukan} = (7,07 \quad 27,977 \quad 3,37)$$

$$D(1) = \|W1 - Record_7\|$$

$$\begin{aligned} D(1) &= \sqrt{(0,7572 - 7,07)^2 + (0,9294 - 27,977)^2 + (0,7603 - 3,37)^2} \\ &= 27,8968 \end{aligned}$$

$$D(2) = \|W2 - Record_7\|$$

$$\begin{aligned} D(2) &= \sqrt{(-0,1641 - 7,07)^2 + (-27,6958 - 27,977)^2 + (0,7421 - 3,37)^2} \\ &= 56,2023 \end{aligned}$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 1$, vektor bobot pada baris pertama dimodifikasi dengan rumus $W1(\text{baru}) = W1(\text{lama}) + \alpha \cdot (Record_7 - W1(\text{lama}))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} 0,7637 & 0,9463 & 0,7644 \\ -0,1641 & -27,6958 & 0,7421 \end{bmatrix}$$

- $Record_8$

$$\text{Vektor Masukan} = (5,21 \quad 24,688 \quad 3,37)$$

$$D(1) = \|W1 - Record_8\|$$

$$D(1) = \sqrt{(0,7637 - 5,21)^2 + (0,9463 - 24,688)^2 + (0,7644 - 3,37)^2}$$

$$= 24,2946$$

$$D(2) = \|W2 - Record_8\|$$

$$D(2) = \sqrt{(-0,1641 - 5,21)^2 + (-27,6958 - 24,688)^2 + (0,7421 - 3,37)^2}$$

$$= 52,7243$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 1$, vektor bobot pada baris pertama dimodifikasi dengan rumus $W1(baru) = W1(lama) + \alpha \cdot (Record_8 - W1(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} 0,7723 & 0,9982 & 0,7675 \\ -0,1641 & -27,6958 & 0,7421 \end{bmatrix}$$

- $Record_9$

Vektor Masukan = (5,99 28,181 2,93)

$$D(1) = \|W1 - Record_9\|$$

$$D(1) = \sqrt{(0,7723 - 5,99)^2 + (0,9982 - 28,181)^2 + (0,7675 - 2,93)^2}$$

$$= 27,7634$$

$$D(2) = \|W2 - Record_9\|$$

$$D(2) = \sqrt{(-0,1641 - 5,99)^2 + (-27,6958 - 28,181)^2 + (0,7421 - 2,93)^2}$$

$$= 56,2572$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 1$, vektor bobot pada baris pertama dimodifikasi dengan rumus $W1(baru) = W1(lama) + \alpha \cdot (Record_9 - W1(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} 0,7799 & 1,0188 & 0,7702 \\ -0,1641 & -27,6958 & 0,7421 \end{bmatrix}$$

- $Record_{10}$

Vektor Masukan = (6,47 38,615 3,39)

$$D(1) = \|W1 - Record_{10}\|$$

$$D(1) = \sqrt{(0,7799 - 6,47)^2 + (1,0188 - 38,615)^2 + (0,7702 - 3,39)^2}$$

$$= 38,1145$$

$$D(2) = \|W2 - Record_{10}\|$$

$$D(2) = \sqrt{(-0,1641 - 6,47)^2 + (-27,6958 - 38,615)^2 + (0,7421 - 3,39)^2}$$

$$= 66,6944$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 1$, vektor bobot pada baris pertama dimodifikasi dengan rumus

$W1(baru) = W1(lama) + \alpha \cdot (Record_{10} - W1(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} \mathbf{0,7849} & \mathbf{1,0302} & \mathbf{0,7727} \\ -0,1641 & -27,6958 & 0,7421 \end{bmatrix}$$

- $Record_{11}$

Vektor Masukan = (4,81 23,142 2,13)

$$D(1) = \|W1 - Record_{11}\|$$

$$\begin{aligned} D(1) &= \sqrt{(0,7849 - 4,81)^2 + (1,0302 - 23,142)^2 + (0,7727 - 2,13)^2} \\ &= 22,5161 \end{aligned}$$

$$D(2) = \|W2 - Record_{11}\|$$

$$\begin{aligned} D(2) &= \sqrt{(-0,1641 - 4,81)^2 + (-27,6958 - 23,142)^2 + (0,7421 - 2,13)^2} \\ &= 51,0994 \end{aligned}$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 1$, vektor bobot pada baris pertama dimodifikasi dengan rumus $W1(baru) = W1(lama) + \alpha \cdot (Record_{11} - W1(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} \mathbf{0,7930} & \mathbf{1,0521} & \mathbf{0,7740} \\ -0,1641 & -27,6958 & 0,7421 \end{bmatrix}$$

- $Record_{12}$

Vektor Masukan = (6,13 29,898 3,81)

$$D(1) = \|W1 - Record_{12}\|$$

$$\begin{aligned} D(1) &= \sqrt{(0,7930 - 6,13)^2 + (1,0521 - 29,898)^2 + (0,7740 - 3,81)^2} \\ &= 29,4921 \end{aligned}$$

$$D(2) = \|W2 - Record_{12}\|$$

$$\begin{aligned} D(2) &= \sqrt{(-0,1641 - 6,13)^2 + (-27,6958 - 29,898)^2 + (0,7421 - 3,81)^2} \\ &= 58,0179 \end{aligned}$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 1$, vektor bobot pada baris pertama dimodifikasi dengan rumus $W1(baru) = W1(lama) + \alpha \cdot (Record_{12} - W1(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} \mathbf{0,7983} & \mathbf{1,0809} & \mathbf{0,7770} \\ -0,1641 & -27,6958 & 0,7421 \end{bmatrix}$$

Iterasi ke-1 selesai, selanjutnya dilakukan penurunan laju pemahaman dengan rumus :

$$\alpha(\text{baru}) = a. \alpha(\text{lama})$$

$$\alpha(\text{baru}) = 0,5 \times (0,001) = 0,0005$$

Iterasi ke-2

Laju pemahaman (α) = 0,0005, dengan bobot matrik *Weight* sebagai berikut:

$$\text{Weight} = \begin{bmatrix} 0,7983 & 1,0809 & 0,7770 \\ -0,1641 & -27,6958 & 0,7421 \end{bmatrix}$$

Proses pada iterasi ke-2 dan seterusnya dikerjakan seperti pada iterasi ke-1, yaitu dengan memodifikasi bobot matrik *Weight* pada baris $ke - j$ sesuai dengan $D(j)$ minimum pada setiap vektor masukan.

Bobot matriks *Weight* mencapai konvergen dengan bobot matrik yang konvergen ke matrik :

$$\text{Weight} = \begin{bmatrix} 50,7600 & 162,5000 & 1,4000 \\ 6,4776 & 26,3090 & 4,3255 \end{bmatrix}$$

Dari hasil pelatihan vektor masukan $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{12}$, hasil pelatihan dengan algoritma Kohonen *Self Organizing Maps* disajikan dalam Tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Pelatihan Algoritma Kohonen *Self Organizing Maps*

Vektor Masukan	Hasil Pelatihan
$Record_2, Record_3, Record_4, Record_5, Record_6, Record_7, Record_8, Record_9, Record_{10}, Record_{11}, Record_{12}$	Dekat dengan baris ke-1 dari matrik bobot <i>Weight</i> (dikenal sebagai kelas 1)
$Record_1$	Dekat dengan baris ke-2 dari matrik bobot <i>Weight</i> (dikenali sebagai kelas 2)

Sumber : Hasil Perhitungan, 2015

4.3 Proses Pengujian Secara Manual Jaringan Kohonen *Self Organizing Maps*

Dari Tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa kelompok titik pantau yang sama mengelompok ke dalam satu kelompok, dengan kata lain jaringan dapat dikenali dengan baik oleh vektor masukan.

Proses selanjutnya adalah pengujian vektor data pelatihan $Record_1, Record_2, Record_3, \dots, Record_{12}$ sebagai berikut :

- $Record_1$

Vektor masukan = (6,01 26,552 7,03)

$$D(1) = \|Weight(1) - Record_1\| = 143,2345$$

$$D(2) = \|Weight(2) - Record_1\| = 2,7554$$

$D(j)$ minimum didapat untuk $j = 2$, jadi $Record_1$ dekat dengan matrik bobot pada baris ke - 2

- $Record_2$

Vektor masukan = (4,92 15,3050 5,59)

$$D(1) = \|Weight(1) - Record_2\| = 154,2246$$

$$D(2) = \|Weight(2) - Record_2\| = 23785,2297$$

$D(j)$ minimum didapat untuk $j = 1$, jadi $Record_2$ dekat dengan matrik bobot pada baris ke - 1

- $Record_3$

Vektor masukan = (5,39 21,158 5,58)

$$D(1) = \|Weight(1) - Record_3\| = 16,5891$$

$$D(2) = \|Weight(2) - Record_3\| = 21149,1176$$

$D(j)$ minimum didapat untuk $j = 1$, jadi $Record_3$ dekat dengan matrik bobot pada baris ke - 1

- $Record_4$

Vektor masukan = (4,01 21,005 3,64)

$$D(1) = \|Weight(1) - Record_4\| = 13,6031$$

$$D(2) = \|Weight(2) - Record_4\| = 20720,7399$$

$D(j)$ minimum didapat untuk $j = 1$ jadi $Record_4$ dekat dengan matrik bobot pada baris ke -1

- $Record_5$

Vektor masukan = (4,9 23,4120 6,41)

$$D(1) = \|Weight(1) - Record_5\| = 31,1644$$

$$D(2) = \|Weight(2) - Record_5\| = 19127,748$$

$D(j)$ minimum didapat untuk $j = 1$, jadi $Record_5$ dekat dengan matrik bobot pada baris ke - 1

- $Record_6$

Vektor masukan = (7,73 33,729 3,15)

$$D(1) = \|Weight(1) - Record_6\| = 233,4333$$

$$D(2) = \|Weight(2) - Record_6\| = 16564,5656$$

$D(j)$ minimum didapat untuk $j = 1$, jadi $Record_6$ dekat dengan matrik bobot pada baris ke - 1

- $Record_7$

Vektor masukan = (7,07 27,977 3,37)

$$D(1) = \|Weight(1) - Record_7\| = 72,7509$$

$$D(2) = \|Weight(2) - Record_7\| = 22832,4622$$

$D(j)$ minimum didapat untuk $j = 1$, jadi $Record_7$ dekat dengan matrik bobot pada baris ke - 1

- $Record_8$

Vektor masukan (X_8) = (5,21 24,688 3,37)

$$D(1) = \|Weight(1) - Record_8\| = 711,2564$$

$$D(2) = \|Weight(2) - Record_8\| = 13751,9586$$

$D(j)$ minimum didapat untuk $j = 1$, jadi $Record_8$ dekat dengan matrik bobot pada baris ke - 1

- $Record_9$

Vektor masukan = (5,99 28,181 2,93)

$$D(1) = \|Weight(1) - Record_9\| = 26,5067$$

$$D(2) = \|Weight(2) - Record_9\| = 21646,2324$$

$D(j)$ minimum didapat untuk $j = 1$, jadi $Record_9$ dekat dengan matrik bobot pada baris ke - 1

- $Record_{10}$

Vektor masukan = (6,47 38,615 3,39)

$$D(1) = \|Weight(1) - Record_{10}\| = 195,0269$$

$$D(2) = \|Weight(2) - Record_{10}\| = 24558,62$$

$D(j)$ minimum didapat untuk $j = 1$, jadi $Record_{10}$ dekat dengan matrik bobot pada baris ke - 1

- $Record_{11}$

Vektor masukan = (4,81 23,142 2,13)

$$D(1) = \|Weight(1) - Record_{11}\| = 22,5698$$

$$D(2) = \|Weight(2) - Record_{11}\| = 21246,2148$$

$D(j)$ minimum didapat untuk $j = 1$, jadi $Record_{11}$ dekat dengan matrik bobot pada baris ke - 1

- $Record_{12}$

Vektor masukan = (6,13 29,898 3,81)

$$D(1) = \|Weight(1) - Record_{12}\| = 21359,8404$$

$$D(2) = \|Weight(2) - Record_{12}\| = 12,2711$$

$D(j)$ minimum didapat untuk $j = 2$, jadi $Record_{12}$ dekat dengan matrik bobot pada baris ke - 2

4.4 Validasi Cluster dengan Davies-Bouldin Index (DBI)

Validasi cluster dengan DBI digunakan untuk menilai baiknya cluster yang didapat secara optimal. Berikut akan diberikan contoh perhitungan validasi cluster dengan 2 cluster yang terbentuk dari hasil algoritma Kohonen-SOM.

Langkah 1 : Lihat Hasil Penyebaran Data dalam 2 Cluster

Tabel 4.3 Hasil Penyebaran Kelas dengan Algoritma Kohonen-SOM

Objek	BOD	COD	DO	Kelas
1	6,01	26,552	7,03	2
2	4,92	15,305	5,59	1
3	5,39	21,158	5,58	1
4	4,01	21,005	3,64	1
5	4,9	23,412	6,41	1
6	7,73	33,729	3,15	1
7	7,07	27,977	3,37	1
8	5,21	24,688	3,37	1
9	5,99	28,181	2,93	1

Tabel 4.3 Hasil Penyebaran Kelas dengan Algoritma Kohonen-SOM (Lanjutan)

Objek	BOD	COD	DO	Kelas
10	6,47	38,615	3,39	1
11	4,81	23,142	2,13	1
12	6,13	29,898	3,81	2

Sumber : Hasil Perhitungan, 2105

Langkah 2 : Hitung *Centroid* Tiap *Cluster*

Untuk menghitung *centroid* (C) dari *clustering*, menggunakan rumus :

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^N |X_{mi}|}{N}$$

Dengan N adalah banyak data dalam *cluster*.

Perhitungan *Centroid* BOD

Untuk C1

$$\begin{aligned} C1 &= \frac{56,5}{10} \\ &= 5,65 \end{aligned}$$

Untuk C2

$$\begin{aligned} C2 &= \frac{12,14}{2} \\ &= 6,07 \end{aligned}$$

Perhitungan *Centroid* COD

Untuk C1

$$\begin{aligned} C1 &= \frac{257,212}{10} \\ &= 25,7212 \end{aligned}$$

Untuk C2

$$\begin{aligned} C2 &= \frac{56,45}{2} \\ &= 28,225 \end{aligned}$$

Perhitungan Centroid DO

Untuk C1

$$C1 = \frac{39,56}{10} \\ = 3,956$$

Untuk C2

$$C2 = \frac{10,84}{2} \\ = 5,42$$

Maka dapat disusun *centroid* dari *cluster* sebagai berikut pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 *Centroid* Masing-Masing Parameter

<i>Centroid</i>	BOD	COD	DO
1	5,65	25,7212	3,956
2	6,07	28,225	5,42

Sumber : Hasil Perhitungan, 2105

Langkah 3 : Menghitung Jarak Data dalam Cluster

Rumusnya:

$$d(X, C) = \sqrt{(BOD - C1)^2 + (COD - C1)^2 + (DO - C1)^2}$$

Maka untuk C1 :

$$d(Record_2, C1) = \sqrt{(4,92 - 5,65)^2 + (15,305 - 25,7212)^2 + (5,59 - 3,956)^2} \\ = 10,5688$$

$$d(Record_3, C1) = \sqrt{(5,39 - 5,65)^2 + (21,158 - 25,7212)^2 + (5,58 - 3,956)^2} \\ = 4,8505$$

$$d(Record_4, C1) = \sqrt{(4,01 - 5,65)^2 + (21,005 - 25,7212)^2 + (3,64 - 3,956)^2} \\ = 4,4079$$

$$d(Record_5, C1) = \sqrt{(4,9 - 5,65)^2 + (23,412 - 25,7212)^2 + (6,41 - 3,956)^2} \\ = 5,0032$$

$$d(Record_6, C1) = \sqrt{(7,73 - 5,65)^2 + (33,729 - 25,7212)^2 + (3,15 - 3,956)^2} \\ = 8,3127$$

$$d(Record_7, C1) = \sqrt{(7,07 - 5,65)^2 + (27,977 - 25,7212)^2 + (3,37 - 3,956)^2} \\ = 2,7292$$

$$d(Record_8, C1) = \sqrt{(5,21 - 5,65)^2 + (24,688 - 25,7212)^2 + (3,37 - 3,956)^2} \\ = 1,2667$$

$$d(Record_9, C1) = \sqrt{(5,99 - 5,65)^2 + (28,181 - 25,7212)^2 + (2,93 - 3,956)^2} \\ = 2,6868$$

$$d(Record_{10}, C1) \\ = \sqrt{(6,47 - 5,65)^2 + (38,615 - 25,7212)^2 + (3,39 - 3,956)^2} \\ = 12,9322$$

$$d(Record_{11}, C1) \\ = \sqrt{(4,81 - 5,65)^2 + (23,142 - 25,7212)^2 + (2,13 - 3,956)^2} \\ = 3,2690$$

Dan untuk C2

$$d(Record_1, C2) = \sqrt{(6,01 - 6,07)^2 + (26,552 - 28,225)^2 + (7,03 - 5,42)^2} \\ = 2,3226$$

$$d(Record_{12}, C2) = \sqrt{(6,13 - 6,07)^2 + (29,898 - 28,225)^2 + (3,81 - 5,42)^2} \\ = 2,3230$$

Langkah 4 : Menghitung SSW (*Sum of Square Within Cluster*)

SSW ini menghitung jarak dalam satu *cluster*. Banyaknya nilai SSW berdasarkan jumlah *cluster* yang terbentuk. Dalam contoh perhitungan ini, karena yang dicontohkan 2 *cluster*, maka SSW yang ada adalah sebanyak 2.

SSW untuk C1 :

$$SSW_1 = \frac{1}{m_1} (d(Record_2, C1) + d(Record_3, C1) + d(Record_4, C1) \\ + d(Record_5, C1) + d(Record_6, C1) + d(Record_7, C1) \\ + d(Record_8, C1) + d(Record_9, C1) + d(Record_{10}, C1) \\ + d(Record_{11}, C1))$$

Dengan m_1 adalah banyaknya anggota dalam *cluster*, maka

$$SSW_1 = \frac{1}{10} (10,5688 + 4,8505 + 4,4079 + 5,0032 + 8,3127 + 2,7292 \\ + 1,2667 + 2,6868 + 12,9322 + 3,2690) \\ SSW_1 = 5,6027$$

SSW untuk C2 :

$$SSW_2 = \frac{1}{m_2} (d(Record_1, C2) + d(Record_{12}, C2))$$

Dengan m_2 adalah banyaknya anggota dalam *cluster*, maka

$$SSW_2 = \frac{1}{2}(2,3226 + 2,3230)$$

$$SSW_2 = 2,3228$$

Langkah 1 hingga Langkah 4 akan disajikan dalam bentuk Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Nilai SSW dalam 2 *Cluster*

Nilai			Cluster	Centroid			Jarak Data ke Centroid	SSW
BOD	COD	DO		BOD	COD	DO		
4,92	15,305	5,59	1	5,65	25,7212	3,956	10,5688	5,6027
5,39	21,158	5,58					4,8505	
4,01	21,005	3,64					4,4079	
4,9	23,412	6,41					5,0032	
7,73	33,729	3,15					8,3127	
7,07	27,977	3,37					2,7292	
5,21	24,688	3,37					1,2667	
5,99	28,181	2,93					2,6868	
6,47	38,615	3,39					12,9322	
4,81	23,142	2,13					3,2690	
6,01	26,552	7,03	2	6,07	28,225	5,42	2,3226	2,3228
6,13	29,898	3,81					2,3220	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2105

Langkah 5 : Menghitung SSB (*Sum of Square Between Cluster*)

Banyaknya SSB disesuaikan dengan jumlah *cluster* yang terbentuk. Dalam contoh ini, *cluster* yang terbentuk sebanyak 2, sehingga SSB yang ada hanya ada 1.

Jika klaster yang terbentuk sebanyak 2, maka SSB yang ada adalah $SSB_{1,2} = SSB_{2,1}$.

Jika klaster yang terbentuk sebanyak 3, maka SSB yang ada adalah $SSB_{1,2}$, $SSB_{1,3}$, $SSB_{2,3}$.

Jika klaster yang terbentuk sebanyak 4, maka SSB yang ada adalah $SSB_{1,2}$, $SSB_{1,3}$, $SSB_{1,4}$, $SSB_{2,3}$, $SSB_{2,4}$, $SSB_{3,4}$.

Jika *cluster* yang terbentuk sebanyak 5, maka SSB yang ada adalah $SSB_{1,2}$, $SSB_{1,3}$, $SSB_{1,4}$, $SSB_{1,5}$, $SSB_{2,3}$, $SSB_{2,4}$, $SSB_{2,5}$, $SSB_{3,4}$, $SSB_{3,5}$, $SSB_{4,5}$. Dan seterusnya.

Maka perhitungannya untuk contoh dalam kasus ini (2 *cluster*):

$$SSB_{1,2} = d(C1, C2)$$

$$SSB_{1,2} = \sqrt{(BOD_{C1} - BOD_{C2})^2 + (COD_{C1} - COD_{C2})^2 + (DO_{C1} - DO_{C2})^2}$$

$$SSB_{1,2} = \sqrt{(5,65 - 6,07)^2 + (25,7212 - 28,225)^2 + (3,956 - 5,42)^2}$$

$$SSB_{1,2} = 2,9307 = SSB_{2,1}$$

Langkah 6 : Menghitung Rasio ($R_{i,j}$)

Menghitung Rasio ($R_{i,j}$) ini adalah ukuran seberapa baik perbandingan antara *cluster* ke-i dan *cluster* ke-j.

Rumusnya :

$$R_{i,j} = \frac{SSW_i + SSW_j}{SSB_{i,j}}$$

Proses perhitungan Rasio ini berasal dari Langkah 4 dan Langkah 5.

Maka,

$$R_{1,2} = \frac{SSW_1 + SSW_2}{SSB_{1,2}}$$

$$R_{1,2} = \frac{5,6027 + 2,3228}{2,9307}$$

$$R_{1,2} = 2,7043$$

Dengan sifat-sifat yang dimiliki R_{ij} , maka $R_{1,2} = R_{2,1} = 2,7043$

Langkah 7 : Menghitung DBI

Rumusnya,

$$DBI = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \max(R_{i,j})$$

Dengan K adalah banyaknya *cluster* yang terbentuk.

$$DBI = \frac{1}{2} (2,7043 + 2,7043)$$

$$DBI = 2,7043$$

Tabel 4.6 Nilai DBI dari 2 *Cluster*

	Data Ke-i			Rmax	DBI
	R	1	2		
Data Ke-i	1	0	2,7043	2,7043	2,7043
	2	2,7043	0	2,7043	

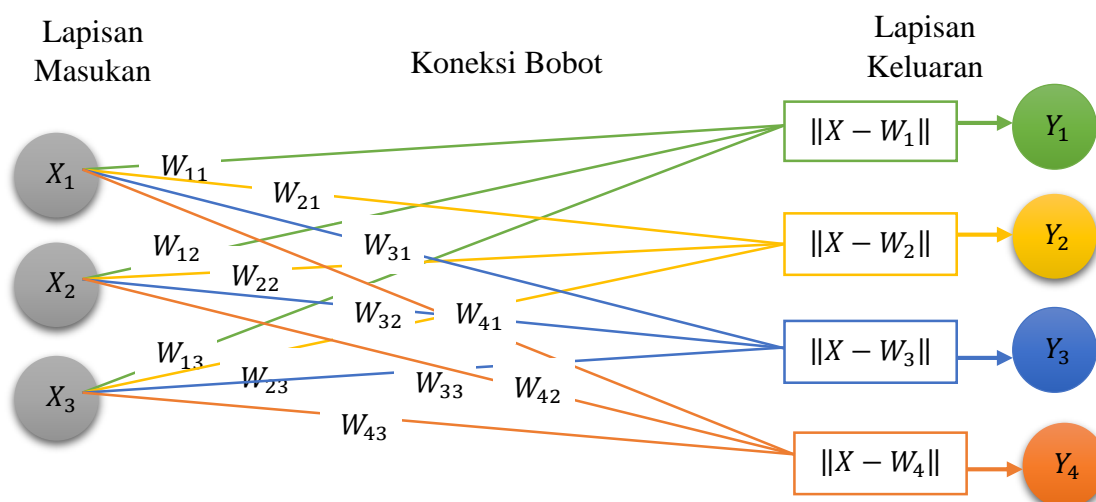
Sumber : Hasil Perhitungan, 2105

Untuk 3 *cluster* dan seterusnya, dilakukan perhitungan yang sama untuk memperoleh nilai DBI pada tiap *cluster*. Kemampuan DBI dapat digunakan sebagai acuan dalam pemilihan *cluster* optimal yang akan digunakan pada setiap periode pelatihan.

4.5 Proses Pelatihan Secara Manual Jaringan *Learning Vector Quantization*

Setelah dilakukan pengelompokan titik pantau berdasarkan waktu pantau dengan jaringan Kohonen-SOM, maka pada tahapan berikutnya dilakukan proses pengelompokan dengan jaringan LVQ. Berdasarkan hasil kelompok titik pantau kualitas air Kali Surabaya pada waktu pantau dengan jaringan Kohonen-SOM yang sudah dilakukan validasi *cluster* dengan DBI, kemudian hasil *cluster* tersebut digunakan sebagai acuan pelatihan pada jaringan LVQ.

Arsitektur jaringan LVQ dalam penelitian ini adalah sebagai berikut dengan $X_1 = BOD$, $X_2 = COD$ dan $X_3 = DO$ sedangkan untuk $Y_1 = Cluster\ 1$, $Y_2 = Cluster\ 2$, $Y_3 = Cluster\ 3$, dan $Y_4 = Cluster\ 4$:



Gambar 4.3 Arsitektur Jaringan LVQ Permasalahan Titik Pantau Kualitas Air (Berdasarkan Gambar 2.4)

Berikut akan disajikan perhitungan dengan algoritma jaringan LVQ dalam mengelompokkan titik pantau kualitas air berdasarkan waktu pantau sebanyak jumlah *cluster* hasil dai jaringan Kohonen-SOM. Pada contoh kasus ini, dua vektor referensi akan digunakan sebagai vektor *input* yang mewakili dua *cluster* yang terbentuk menjadi kelas 1 dan kelas 2. Dua vektor yang pertama sebagai referensi yang akan digunakan untuk menginisialisasi bobot awal. Unit *output* yang pertama mewakili kelas 1 dan unit *output* kedua mewakili kelas 2.

	Vektor Masukan	Kelas
$Record_2$	(4,92 15,3050 5,59)	1
$Record_1$	(6,01 26,552 7,03)	2

Sedangkan sepuluh vektor yang lain digunakan sebagai vektor pelatihan yaitu :

	Vektor Masukan	Kelas
$Record_3$	(5,39 21,158 5,58)	1
$Record_4$	(4,01 21,005 3,64)	1
$Record_5$	(4,9 23,4120 6,41)	1
$Record_6$	(7,73 33,729 3,15)	1
$Record_7$	(7,07 27,977 3,37)	1
$Record_8$	(5,21 24,688 3,37)	1
$Record_9$	(5,99 28,181 2,93)	1
$Record_{10}$	(6,47 38,615 3,39)	1
$Record_{11}$	(4,81 23,142 2,13)	1
$Record_{12}$	(6,13 29,898 3,81)	2

Proses pelatihan pada jaringan LVQ adalah sebagai berikut :

- $Record_3$

Vektor Masukan = (5,39 21,158 5,58)

$$D(1) = \sqrt{(5,39 - 6,01)^2 + (21,158 - 26,552)^2 + (5,58 - 7,03)^2} = 5,6198$$

$$D(2) = \sqrt{(5,39 - 4,92)^2 + (21,158 - 15,3050)^2 + (5,58 - 5,59)^2} = 5,8718$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 1$ dan $T = 1$, vektor bobot dimodifikasi dengan rumus $W1(baru) = W1(lama) + \alpha \cdot (Record_3 - W1(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} 4,92 & 15,311 & 5,589 \\ 6,01 & 26,552 & 7,03 \end{bmatrix}$$

- $Record_4$

Vektor Masukan = (4,01 21,005 3,64)

$$D(1) = \sqrt{(4,01 - 4,92)^2 + (21,005 - 15,311)^2 + (3,64 - 5,589)^2} = 6,0867$$

$$D(2) = \sqrt{(4,01 - 6,01)^2 + (21,005 - 26,547)^2 + (3,64 - 7,03)^2} = 6,7975$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 1$ dan $T = 1$, vektor bobot dimodifikasi dengan rumus $W1(bar)u = W1(lama) + \alpha \cdot (Record_4 - W1(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} 4,92 & 15,317 & 5,587 \\ 6,01 & 26,552 & 7,03 \end{bmatrix}$$

- $Record_5$

Vektor Masukan = (4,9 23,4120 6,41)

$$D(1) = \sqrt{(4,9 - 4,92)^2 + (23,4120 - 15,317)^2 + (6,41 - 5,587)^2} = 8,1368$$

$$D(2) = \sqrt{(4,9 - 6,008)^2 + (23,4120 - 26,542)^2 + (6,41 - 7,03)^2} = 3,3777$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 2$ dan $T = 1$, vektor bobot dimodifikasi dengan rumus $W2(bar)u = W2(lama) - \alpha \cdot (Record_5 - W2(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} 4,92 & 15,317 & 5,587 \\ 6,011 & 26,555 & 7,031 \end{bmatrix}$$

- $Record_6$

Vektor Masukan = (7,73 33,729 3,15)

$$D(1) = \sqrt{(7,73 - 4,92)^2 + (33,729 - 15,317)^2 + (3,15 - 5,587)^2} = 18,784$$

$$D(2) = \sqrt{(7,73 - 6,011)^2 + (33,729 - 26,555)^2 + (3,15 - 7,031)^2} = 8,3357$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 2$ dan $T = 1$, vektor bobot dimodifikasi dengan rumus $W2(bar)u = W2(lama) - \alpha \cdot (Record_6 - W2(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} 4,92 & 15,317 & 5,587 \\ 6,009 & 26,548 & 7,035 \end{bmatrix}$$

- $Record_7$

Vektor Masukan = (7,07 27,977 3,37)

$$D(1) = \sqrt{(7,07 - 4,92)^2 + (27,977 - 15,317)^2 + (3,37 - 5,587)^2} = 13,031$$

$$D(2) = \sqrt{(7,07 - 6,009)^2 + (27,977 - 26,548)^2 + (3,37 - 7,035)^2} = 4,074$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 2$ dan $T = 1$, vektor bobot dimodifikasi dengan rumus $W2(\text{baru}) = W2(\text{lama}) - \alpha \cdot (\text{Record}_7 - W2(\text{lama}))$, sehingga diperoleh :

$$\text{Weight} = \begin{bmatrix} 4,92 & 15,317 & 5,587 \\ 6,008 & 26,547 & 7,039 \end{bmatrix}$$

- Record_8

Vektor Masukan = (5,21 24,688 3,37)

$$D(1) = \sqrt{(5,21 - 4,92)^2 + (24,688 - 15,317)^2 + (3,37 - 5,587)^2} = 9,634$$

$$D(2) = \sqrt{(5,21 - 6,008)^2 + (24,688 - 26,547)^2 + (3,37 - 7,039)^2} = 4,190$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 2$ dan $T = 1$, vektor bobot dimodifikasi dengan rumus $W2(\text{baru}) = W2(\text{lama}) - \alpha \cdot (\text{Record}_8 - W2(\text{lama}))$, sehingga diperoleh :

$$\text{Weight} = \begin{bmatrix} 4,92 & 15,317 & 5,587 \\ 6,009 & 26,549 & 7,043 \end{bmatrix}$$

- Record_9

Vektor Masukan = (5,99 28,181 2,93)

$$D(1) = \sqrt{(5,99 - 4,92)^2 + (28,181 - 15,317)^2 + (2,93 - 5,587)^2} = 13,153$$

$$D(2) = \sqrt{(5,99 - 6,009)^2 + (28,181 - 26,549)^2 + (2,93 - 7,043)^2} = 4,445$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 2$ dan $T = 1$, vektor bobot dimodifikasi dengan rumus $W2(\text{baru}) = W2(\text{lama}) - \alpha \cdot (\text{Record}_9 - W2(\text{lama}))$, sehingga diperoleh :

$$\text{Weight} = \begin{bmatrix} 4,92 & 15,317 & 5,587 \\ 6,009 & 26,547 & 7,047 \end{bmatrix}$$

- Record_{10}

Vektor Masukan = (6,47 38,615 3,39)

$$D(1) = \sqrt{(6,47 - 4,92)^2 + (38,615 - 15,317)^2 + (3,39 - 5,587)^2} = 23,453$$

$$D(2) = \sqrt{(6,47 - 6,009)^2 + (38,615 - 26,547)^2 + (3,39 - 7,047)^2} = 12,618$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 2$ dan $T = 1$, vektor bobot dimodifikasi dengan rumus $W2(baru) = W2(lama) - \alpha \cdot (Record_{10} - W2(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} 4,92 & 15,317 & 5,587 \\ 6,008 & 26,535 & 7,051 \end{bmatrix}$$

- $Record_{11}$

Vektor Masukan = (4,81 23,142 2,13)

$$D(1) = \sqrt{(4,81 - 4,92)^2 + (23,142 - 15,317)^2 + (2,13 - 5,587)^2} = 8,555$$

$$D(2) = \sqrt{(4,81 - 6,008)^2 + (23,142 - 26,535)^2 + (2,13 - 7,051)^2} = 6,096$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 2$ dan $T = 1$, vektor bobot dimodifikasi dengan rumus $W2(baru) = W2(lama) - \alpha \cdot (Record_{11} - W2(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} 4,92 & 15,317 & 5,587 \\ 6,007 & 26,532 & 7,046 \end{bmatrix}$$

- $Record_{12}$

Vektor Masukan = (6,13 29,898 3,81)

$$D(1) = \sqrt{(6,13 - 4,92)^2 + (29,898 - 15,317)^2 + (3,81 - 5,587)^2} = 14,739$$

$$D(2) = \sqrt{(6,13 - 6,007)^2 + (29,898 - 26,532)^2 + (3,81 - 7,046)^2} = 4,671$$

$D(j)$ minimum dapat dipilih $j = 2$ dan $T = 2$, vektor bobot dimodifikasi dengan rumus $W2(baru) = W2(lama) + \alpha \cdot (Record_{12} - W2(lama))$, sehingga diperoleh :

$$Weight = \begin{bmatrix} 4,92 & 15,317 & 5,587 \\ 6,007 & 26,535 & 7,043 \end{bmatrix}$$

Iterasi ke-1 selesai, selanjutnya dilakukan penurunan laju pemahaman dengan rumus :

$$\alpha(baru) = a \cdot \alpha(lama)$$

$$\alpha(baru) = 0,5 \times (0,001) = 0,0005$$

Proses iterasi dilakukan hingga mencapai iterasi maksimal sesuai dengan pembatasan iterasi yang diberikan. Setelah mencapai kondisi iterasi maksimal, diperoleh bobot akhir sebagai hasil keluaran jaringan LVQ.

$$Weight = \begin{bmatrix} 18,1722 & 60,3957 & 4,2010 \\ 27,1039 & 86,6893 & 3,9245 \end{bmatrix}$$

4.6 Perhitungan Status Mutu Air Kali Surabaya

Status mutu air Kali Surabaya ditentukan dari data kualitas yang ada menggunakan Indeks Pencemaran berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003. Indeks Pencemaran dihitung berdasarkan rumus :

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M^2 + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R^2}{2}}$$

Dengan :

i = titik pantau ($i = 1, 2, \dots, 12$)

j = baku mutu ($j = 1, 2, 3$; dengan 1 = BOD, 2 = COD, 3 = DO)

IP_j = Indeks Pencemaran berdasarkan baku mutu (j)

C_i = Konsentrasi parameter kualitas air pada titik (i) saat pengukuran

L_{ij} = Konsentrasi parameter kualitas air pada titik (i) dalam baku mutu (j)

$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M$ = Nilai $\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)$ maksimum pada titik (i) dalam baku mutu (j)

$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R$ = Nilai $\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)$ rata – rata pada titik (i) dalam baku mutu (j)

Berikut akan disajikan contoh perhitungan analisis penentuan status mutu air untuk titik pantau Jembatan Canggu pada periode bulan Januari tahun 2010 :

1. C_i diambil dari hasil pengukuran tiap bulan.

2. Menghitung nilai $\frac{C_i}{L_{ix}}$ dan $\frac{C_i}{L_{ix}}$ baru :

a. Baku mutu BOD (L_{ix}) yaitu 3 mg/l (sesuai dengan PP. RI No.82 Tahun 2001)

Nilai mutu air BOD (C_i) = 6,48 mg/l (Berdasarkan titik pantau Jembatan Canggu , Periode Januari 2010)

$$\text{Nilai } \frac{C_i}{L_{ix}} = \frac{6,48}{3} = 2,16 \text{ mg/l}$$

Karena nilai $\frac{C_i}{L_{ix}} > 1$, maka menggunakan nilai $\frac{C_i}{L_{ix}}$ baru

$$\frac{C_i}{L_{ix}} \text{ baru} = 1,0 + \left(P \cdot \log \frac{C_i}{L_{ij}} \text{ hasil pengukuran} \right)$$

dengan P merupakan suatu konstanta yang nilainya ditentukan 5 (berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2003).

Maka $\frac{C_i}{L_{ix}}$ baru untuk titik pantau Jembatan Cangu bulan Januari 2010,

$$\frac{C_i}{L_{ix}} \text{ baru} = 1,0 + (5 \cdot \log(2,16))$$

$$\frac{C_i}{L_{ix}} \text{ baru} = 2,6723 \text{ mg/l}$$

- b. Baku mutu COD (L_{ix}) yaitu 25 mg/l (sesuai dengan PP. RI No.82 Tahun 2001)

Nilai mutu air COD (C_i) = 17,99 mg/l (Berdasarkan titik pantau Jembatan Cangu , Periode Januari 2010)

$$\text{Nilai } \frac{C_i}{L_{ix}} = \frac{17,99}{25} = 0,7196 \text{ mg/l}$$

Karena nilai $\frac{C_i}{L_{ix}} < 1$, maka tidak perlu dicari nilai $\frac{C_i}{L_{ix}}$ baru

- c. Baku mutu air DO (L_{ix}) yaitu 4 mg/l (sesuai dengan PP RI. N0.82 Tahun 2001.

Nilai mutu air DO (C_i) = 6,4 mg/l (Berdasarkan titik pantau Jembatan Cangu , Periode Januari 2010)

$$\text{Nilai } \frac{C_i}{L_{ix}} = \frac{6,4}{4} = 1,6 \text{ mg/l}$$

Karena nilai $\frac{C_i}{L_{ix}} > 1$, maka menggunakan nilai $\frac{C_i}{L_{ix}}$ baru

$$\frac{C_i}{L_{ij}} \text{ baru} = 1,0 + \left(P \cdot \log \frac{C_i}{L_{ij}} \text{ hasil pengukuran} \right)$$

$$\frac{C_i}{L_{ij}} \text{ baru} = 1,0 + (5 \cdot \log(1,6))$$

$$\frac{C_i}{L_{ij}} \text{ baru} = 2,0206 \text{ mg/l}$$

- d. Lakukanlah hal yang sama untuk tiap-tiap parameter sesuai dengan ketentuan-ketentuan di atas.

3. Menghitung nilai rata-rata $\left(\left(\frac{C_i}{L_i}\right)_R\right)$ dan nilai maksimum $\left(\left(\frac{C_i}{L_i}\right)_M\right)$ dari keseluruhan $\frac{C_i}{L_{ix}}$ baru. Nilai maksimum $\left(\left(\frac{C_i}{L_i}\right)_M\right)$ merupakan nilai yang diperoleh dari konsentrasi tiap parameter BOD, COD dan DO dalam baku mutu. Dipilih nilai maksimum pada titik pengukuran, artinya pada titik tersebut dominan terhadap nilai parameter tersebut. Kemudian untuk nilai rata-rata pada titik pengukuran, dilihat keterkaitan antara parameter yang satu dengan yang lain. Pada contoh ini nilai, dengan nilai konsentrasi $BOD = 6,48 \text{ mg/l}$, $COD = 0,7196 \text{ mg/l}$, dan $DO = 2,0206 \text{ mg/l}$, maka rata-rata pada titik Jembatan Cunggu $\left(\left(\frac{C_i}{L_i}\right)_R\right) = 1,8041 \text{ mg/l}$ dan nilai maksimum pada titik Jembatan Cunggu $\left(\left(\frac{C_i}{L_i}\right)_M\right) = 2,6723 \text{ mg/l}$ (Perhitungan Titik Pantau Jembatan Cunggu , Periode Januari 2010)
4. Menghitung nilai Indeks Pencemaran pada titik (*i*) dalam baku mutu (*j*)

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M\right)^2 + \left(\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R\right)^2}{2}}$$

$$IP_j = \sqrt{\frac{(1,8041)^2 + (2,6723)^2}{2}} = 2,2799 \text{ mg/l}$$

Berdasarkan Tabel 4.8 di atas, diperoleh nilai IP_j untuk titik pantau Jembatan Cunggu berada pada level “**Tercemar Ringan**” dengan kondisi nilai rata-rata konsentrasi parameter kualitas air berdasarkan baku mutu sebesar 1.8041 mg/l. Penentuan status mutu air Kali Surabaya untuk seluruh titik pantau, selengkapnya dapat dilihat di **Lampiran C**.

Berdasarkan hasil rekapitulasi kondisi mutu air sebagian besar titik pantau untuk Periode 1 pada **Lampiran C** berada dalam kategori “**Tercemar Ringan**” sedangkan terdapat 1 titik pantau dalam kategori “**Tercemar Sedang**”. Langkah berikutnya adalah proses evaluasi status mutu yang dilakukan dengan uji distribusi normal untuk membuktikan bahwa status mutu air Kali Surabaya.

Diketahui :

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 1 = 2,2220

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 27,9473$$

$$z_{0,05} = 1,746; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 2,2220; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{27,9473}{12}} = 1,5261$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{2,2220 - 5}{1,5261/\sqrt{12}} = -6,3057 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 1 tergolong “**Tercemar Ringan**”. Perhitungan uji distribusi normal untuk setiap periode pantau selengkapnya dapat dilihat di **Lampiran D**.

4.7 Implementasi Matlab Jaringan Kohonen *Self Organizing Maps*, Jaringan *Learning Vector Quantization* dan Metode Indeks Pencemaran

Jaringan Kohonen *Self Organizing Maps*

Pada bagian ini akan disajikan pelatihan algoritma Kohonen-SOM dengan perintah-perintah Matlab. Pada tahapan inisialisasi jaringan, diperlukan inisialisasi bobot yang digunakan untuk proses training.

```
net.IW{1,1} % Inisialisasi Bobot Kohonen
```

Perintah di atas menghasilkan bobot awal untuk 2 *cluster* yang terbentuk. Berikut adalah bobot awal yang digunakan sebagai inisialisasi bobot pada jaringan.

```
bobot_awal =  
13.8028    85.3754    1.4518  
-0.1708   -27.7415    0.7364
```

Pada jaringan Kohonen-SOM akan terbentuk bobot akhir setelah dilakukan proses *training* pada jaringan, sehingga bobot akhir yang diperoleh dapat digunakan sebagai bobot untuk proses *testing* jaringan. Dalam hal ini, sesuai dengan bobot awal yang dihasilkan sistem untuk 2 *cluster*, berikut adalah bobot akhir yang diperoleh setelah proses iterasi selesai.

```
bobot_akhir =  
50.7600   162.5000    1.4000  
6.3598    26.1842    4.3520
```

Jumlah baris pada nilai bobot awal dan bobot akhir sesuai dengan jumlah *cluster* yang dibentuk. Terlihat bahwa antara bobot awal sebagai inisialisasi jaringan dengan bobot akhir yang dihasilkan oleh jaringan terdapat perbedaan nilai yang signifikan. Pada proses inisialisasi, nilai bobot awal bernilai negatif pada baris kedua sedangkan bobot akhir yang diperoleh berada pada rentang nilai positif. Perbedaan nilai ini terjadi akibat adanya pemilihan secara random oleh jaringan Kohonen-SOM pada awal inisialisasi pembobotan parameter jaringan. Sistem melakukan proses *training* hingga mencapai kondisi yang tidak berubah akibat pengambilan bobot awal yang dilakukan secara random sehingga bobot akhir yang diperoleh bernilai positif. Dan bobot akhir yang diperoleh kemudian di set sebagai bobot yang digunakan pada proses *training*.

Proses *training* untuk mengelompokkan dataset ke dalam kelompok-kelompok. Perintah ini merupakan perintah untuk proses *clustering* data berdasarkan kesamaan karakteristik parameter data yang digunakan yaitu nilai konsentrasi dari setiap parameter yang digunakan.

```
classes = vec2ind(y);
```

Setelah proses pengelompokan, sistem menentukan *centroid* sebagai pusat *cluster* dari setiap parameter. Jumlah *centroid* berdasarkan jumlah *cluster* yang terbentuk. Proses selanjutnya adalah melakukan *testing* jaringan dengan perintah sebagai berikut

```
for k=1:N
    for j=1:L
        D(j,k)=0;
        for i=1:M
            D(j,k)=D(j,k)+((bobot(j,i)-P(i,k))^2); % Menentukan
Jarak
        end
    end
end
```

```
for k=1:N
    for j=1:L
        if D(j,k)==min(D(:,k));
            Hasil_Testing(k)=j;
        end
    end
end
```

Proses *testing* ini digunakan untuk melihat kesesuaian penyebaran data dalam *cluster* yang akan dikenali sebagai anggota dalam satu kelompoknya. Setelah mendapatkan hasil *testing*, langkah berikutnya adalah menentukan validasi *cluster*. Validasi *cluster* dilakukan untuk mengukur seberapa baik anggota yang optimal dalam satu *cluster*. Langkah awal penentuan validasi *cluster* adalah melihat sebaran anggota dalam *cluster*. Untuk mengetahui sebaran anggota dalam *cluster* yang sama, dapat diberikan perintah sebagai berikut

```
id_centroid = find(any(y, 2));
len_centroid = length(id_centroid);
```

Kemudian menghitung *centroid* dari tiap *cluster* pada tiap parameter yang. Perintah berikut dapat mewakili untuk proses perhitungan *centroid* hingga

mendapatkan *Sum of Square Within Cluster* (SSW) dan banyaknya SSW ini sesuai dengan jumlah *cluster* yang terbentuk.

```
% hitung SSW
centroid = zeros(r_data, len_centroid);
SSW = zeros(1, len_centroid);
for c=1:len_centroid
    % cari centroid
    data_tmp = data(:, classes==id_centroid(c));
    centroid(:, c) = mean(data_tmp, 2);
    % jarak ke centroid
    [~,c_data_tmp] = size(data_tmp);
    data_tmp = sqrt(sum((data_tmp - repmat(centroid(:,c),
1, c_data_tmp)).^2));
    % SSW
    SSW(c) = mean(data_tmp);
end
```

Langkah berikutnya dalam validasi *cluster* adalah menghitung jarak antar *centroid* dengan *Sum of Square Between Cluster* (SSB). Sama halnya dengan SSW, untuk SSB ini jumlahnya sesuai dengan jumlah *cluster* yang ditentukan.

```
% SSB
SSB = zeros(len_centroid);
for p=1:len_centroid-1
    SSB(p,q) = sqrt(sum((centroid(:,p) -
centroid(:,q)).^2));
    SSB(q,p) = SSB(p,q);
end
end
```

Sum of square between klaster (SSB) dengan mengukur jarak dua *cluster*, misalnya *cluster-i* dan *cluster-j*, maka formula mengukur jarak antara *centroid* c_i dan c_j adalah dengan $SSB = d(c_i, c_j)$. Setelah proses penentuan SSB, maka proses penghitungan rasio untuk mengukur seberapa baik nilai perbandingan antara *cluster* ke- i dan *cluster* ke- j . Nilai rasio ini didapatkan dari komponen SSW dan SSB.

```
% rasio
Ratio = zeros(len_centroid);
for p=1:len_centroid-1
    for q=p+1:len_centroid
        Ratio(p,q) = (SSW(p)+SSW(q))/SSB(p,q);
        Ratio(q,p) = Ratio(p,q);
    end
end
```

Tahap terakhir untuk proses validasi *cluster* adalah mendapatkan DBI. Nilai DBI yang didapat bisa digunakan sebagai pendukung keputusan untuk menilai jumlah *cluster* yang paling cocok digunakan.

```
% DBI
DBI = mean(max(Ratio));
```

Proses pelatihan dan validasi *cluster* ini dilakukan setiap kali melakukan *training* data untuk setiap periode pantau kualitas air Kali Surabaya.

Jaringan *Learning Vector Quantization*

Hasil pengelompokan dengan jaringan Kohonen-SOM pada seluruh titik pantau kualitas air pada waktu pantau telah memiliki label kelas. Kemudian hasil data berlabel tersebut diterapkan pada jaringan LVQ untuk melihat pola sebaran dan perubahan lokasi titik pantau dengan status mutu air yang sudah diperoleh pada jaringan Kohonen-SOM. Pada jaringan LVQ, menggunakan perintah sebagai berikut

```
% Jaringan LVQ
waitbar(0.5, h, 'Klaster LVQ');
net = newlvq(data', length(id_centroid_low_dbi), nt',
0.000001);
```

Proses pelatihan dengan *learning rate* dan pembatasan iterasi sebanyak 5000 sebagai parameter awal jaringan LVQ untuk proses pelatihan

```
% Parameter
net.trainParam.Iterasis = 5000;
net.trainParam.showWindow = false;
net.trainParam.showCommandLine = true;
net.trainParam.show = 50;

% Pelatihan
net = train(net, data', T);
```

Selanjutnya dilakukan proses pengujian dengan melihat anggota kelas yang terbentuk pada jaringan, diberikan perintah

```
% Pengujian
y = sim(net, data');
id_centroid_y = find(sum(y,2));
```

Anggota kelas yang diperoleh kemudian disesuaikan dengan data label yang sudah diperoleh pada tahapan jaringan Kohonen-SOM dengan perintah sebagai berikut

```
% Cek Kesesuaian dengan Data Label
yi = vec2ind(y)
```

Metode Indeks Pencemaran

Langkah awal dalam pembentukan sistem untuk penentuan status mutu air yaitu menetapkan jumlah periode dan lokasi pantau. Berikut merupakan perintah yang digunakan untuk penentuan tersebut

```
% jumlah periode
handles.n_periode = 14;
% jumlah lokasi
handles.n_lokasi = 12;
```

Penentuan periode dipilih sebanyak 14 periode dengan pertimbangan waktu pantau yang dilakukan oleh Perum Jasa Tirta I Malang. Kemudian untuk penentuan lokasi sesuai dengan titik pantau kualitas air yang juga dilakukan oleh Perum Jasa Tirta I Malang dimulai dari Jembatan Cangu hingga Ngagel/Jagir.

Setelah penentuan periode dan lokasi pantau, langkah berikutnya dalam tahapan ini adalah mengenali *centroid* dan anggota dalam *cluster*.

```
% id centroid
handles.ko_id_centroid = cell(1, handles.n_periode);
% classes
handles.ko_classes = cell(1, handles.n_periode);
```

Anggota dalam *cluster* merupakan hasil pelatihan dari metode Kohonen-SOM yang kemudian dilakukan proses perhitungan indeks pencemaran untuk penentuan status mutu kualitas air di titik pantau tersebut.

```
handles.vdata = cell(handles.n_periode, 1);
for i=1:handles.n_periode
    data = data_input(data_input(:,2)==i,:);
    handles.vdata{i,1} = data(:,[1,3:end]);
end
```

```
% all_ip = [];
handles.vdata_ip_status = cell(handles.n_periode, 1);
```

Perintah di atas merupakan perintah untuk meletakkan nilai indeks pencemaran berdasarkan titik pantau. Berikut akan disajikan proses perhitungan indeks pencemaran. Status mutu air yang digunakan berdasarkan empat kategori dalam yaitu “Status Baik”, “Tercemar Ringan”, “Tercemar Sedang” dan “Tercemar Berat” dengan nilai batas yang diberikan sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003. Status mutu air dikategorikan kondisi status baik jika nilai indeks pencemaran suatu titik pantau berada pada rentang 0 hingga mencapai kurang dari sama dengan 1. Status mutu air dikategorikan kondisi tercemar ringan jika nilai indeks pencemaran suatu titik pantau berada pada rentang lebih dari 1 hingga kurang dari sama dengan 5. Status mutu air dikategorikan kondisi tercemar sedang jika nilai indeks pencemaran suatu titik pantau berada pada rentang lebih dari 5 hingga kurang dari sama dengan 10. Dan kondisi status mutu air dikategorikan kondisi tercemar berat jika nilai indeks pencemaran suatu titik pantau lebih dari 10.

```

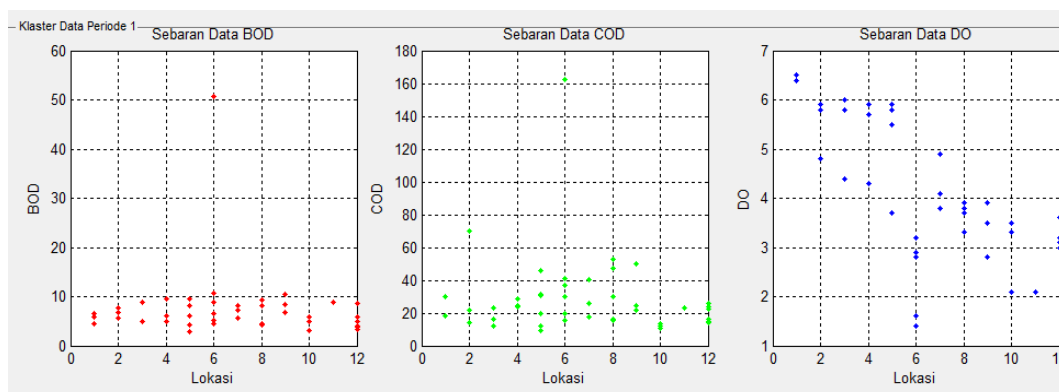
for i=1:handles.n_periode
    data = handles.vdata{i,1};
    % tmp_ip = zeros(size(data),1);
    ip_status = cell(size(data,1),2);
    for j=1:handles.n_lokasi
        tmp = data(data(:,1)==j,:);
        tmp = mean(tmp(:,2:end), 1);
        ip(1) = tmp(1)/3; if ip(1) > 1, ip(1) =
1+5*log10(ip(1)); end
        ip(2) = tmp(2)/25; if ip(2) > 1, ip(2) =
1+5*log10(ip(2)); end
        ip(3) = tmp(3)/4; if ip(3) > 1, ip(3) =
1+5*log10(ip(3)); end
        tmp = sqrt((max(ip).^2 + mean(ip).^2)/2);
        if tmp <= 1, status = '    Status Baik';
        elseif tmp <= 5, status = '    Tercemar Ringan';
        elseif tmp <= 10, status = '    Tercemar Sedang';
        else status = 'Tercemar Berat';
        end
    % tmp_ip(data(:,1)==j,1) = tmp;
    ip_status(data(:,1)==j,1) = {tmp};
    ip_status(data(:,1)==j,2) = {status};
    end
    % all_ip = [all_ip; tmp_ip];
    handles.vdata_ip_status{i,1} = ip_status;
end

```

4.8 Hasil dan Pembahasan

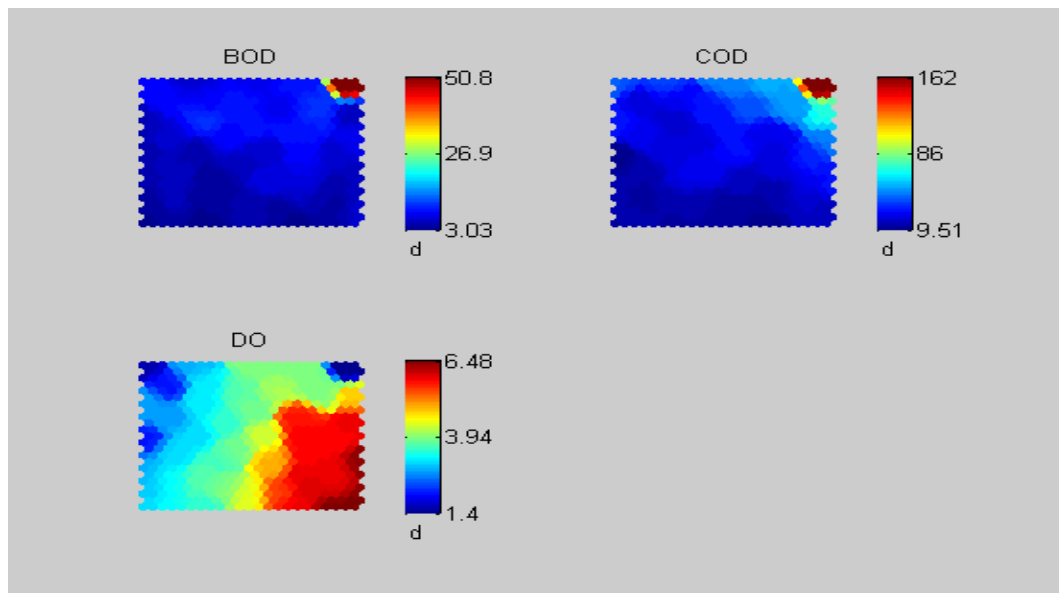
Periode 1 (Januari-Maret 2010)

Sebaran data untuk parameter BOD, COD dan DO pada Periode 1 dapat disajikan pada gambar berikut ini



Gambar 4.4 Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 1 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Sebaran konsentrasi kualitas air pada Periode 1 disajikan dalam gambar berikut



Gambar 4.5 Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 1 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

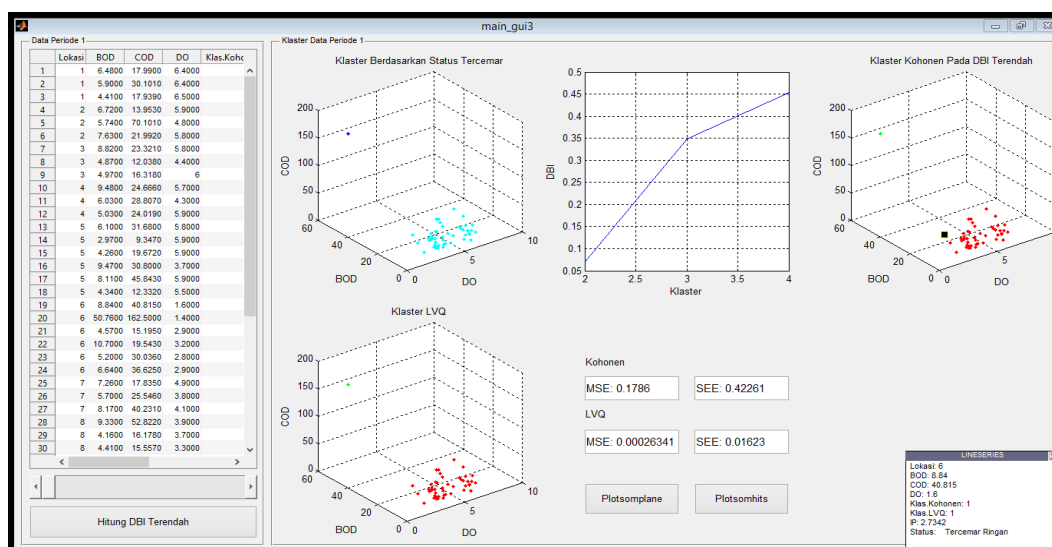
Dari Gambar 4.5 di atas, dapat dilihat karakteristik kandungan konsentrasi parameter kualitas air untuk periode pantau Januari-Maret 2010 adalah sebagai berikut

Tabel 4.7 Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 1

BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
3,03	50,8	9,51	162	1,4	6,48

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015

Berikut akan disajikan tampilan dari hasil *running* untuk jaringan LVQ melalui Kohonen-SOM dengan validasi *cluster* menggunakan DBI



Gambar 4.6 Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 1 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)

Pada gambar di atas, terlihat hasil pengelompokan titik pantau dengan waktu pantau bulan Januari, Februari dan Maret 2010 berada dalam kondisi status air “Tercemar Sedang” dan “Tercemar Ringan”. Artinya, untuk kondisi ini pada waktu pantau Januari 2010 kondisi status air di Muara Kali Tengah berada pada status “Tercemar Sedang” yang menjadi anggota kelas 2, selebihnya untuk titik pantau dalam periode ini berada pada status “Tercemar Ringan” menjadi anggota kelas 1.

Validasi *cluster* DBI diterapkan pada jaringan Kohonen-SOM setelah terbentuknya kelompok berdasarkan status mutu air. Validasi DBI menghasilkan 2 kelompok yang dikategorikan berdasarkan kedekatan jarak data dengan bobot akhir pada jaringan. Untuk nilai validasi *cluster* DBI disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Nilai Validasi *Cluster* Periode 1

No.	Jumlah <i>Cluster</i>	DBI
1	2	0,070952
2	3	0,34836
3	4	0,45336

Sumber : Hasil Perhitungan DBI, 2015

Anggota *cluster* yang dihasilkan pada jaringan LVQ sesuai dengan anggota *cluster* yang dihasilkan oleh jaringan Kohonen-SOM, tidak ada anggota kelompok yang berpindah *cluster*. Hasil pengujian menggunakan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 1

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 31	Berhenti pada Iterasi ke = 6	Berhenti pada Iterasi ke = 15	Berhenti pada Iterasi ke = 32	Berhenti pada Iterasi ke = 39	
1	1	1	1	1	1	TR
2	1	1	1	1	1	TR
3	1	1	1	1	1	TR
4	1	1	1	1	1	TR
5	1	1	1	1	1	TR
6	1	1	1	1	1	TR
7	1	1	1	1	1	TR
8	1	1	1	1	1	TR
9	1	1	1	1	1	TR
10	1	1	1	1	1	TR
11	1	1	1	1	1	TR
12	1	1	1	1	1	TR
13	1	1	1	1	1	TR
14	1	1	1	1	1	TR
15	1	1	1	1	1	TR
16	1	1	1	1	1	TR
17	1	1	1	1	1	TR

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 1 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 31	Berhenti pada Iterasi ke = 6	Berhenti pada Iterasi ke = 15	Berhenti pada Iterasi ke = 32	Berhenti pada Iterasi ke = 39	
18	1	1	1	1	1	TR
19	1	1	1	1	1	TR
20	2	2	2	2	2	TS
21	1	1	1	1	1	TR
22	1	1	1	1	1	TR
23	1	1	1	1	1	TR
24	1	1	1	1	1	TR
25	1	1	1	1	1	TR
26	1	1	1	1	1	TR
27	1	1	1	1	1	TR
28	1	1	1	1	1	TR
29	1	1	1	1	1	TR
30	1	1	1	1	1	TR
31	1	1	1	1	1	TR
32	1	1	1	1	1	TR
33	1	1	1	1	1	TR
34	1	1	1	1	1	TR
35	1	1	1	1	1	TR
36	1	1	1	1	1	TR
37	1	1	1	1	1	TR
38	1	1	1	1	1	TR
39	1	1	1	1	1	TR
40	1	1	1	1	1	TR
41	1	1	1	1	1	TR
42	1	1	1	1	1	TR
43	1	1	1	1	1	TR
44	1	1	1	1	1	TR
45	1	1	1	1	1	TR
46	1	1	1	1	1	TR

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Keterangan Simbol

SB = Status Baik

TR = Tercemar Ringan

TS = Tercemar Sedang

TB = Tercemar Berat

Berdasarkan Tabel 4.9 tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma Kohonen-SOM dan LVQ pada 46 data uji telah masuk ke dalam kelas sesuai dengan label yang ingin dicapai.

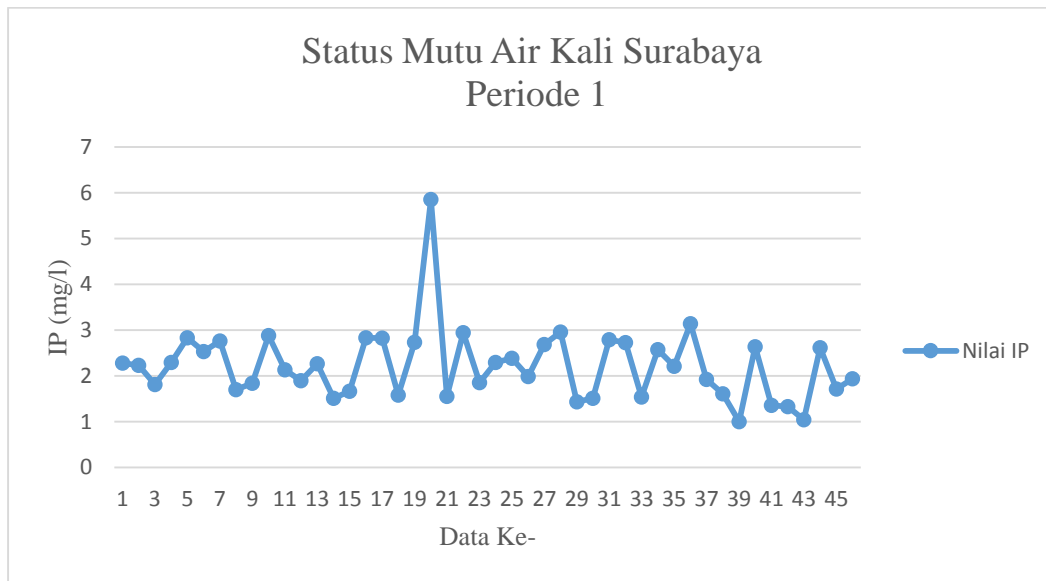
Pengujian selanjutnya yang dilakukan pada metode jaringan syaraf tiruan LVQ yang dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan adalah *learning rate* (α) dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 1

<i>Learning Rate</i> (α)	Jaringan			
	Kohonen-SOM		LVQ	
	MSE	SEE	MSE	SEE
0,001	0,1786	0,42261	0,00026341	0,01623
0,0001	0,17584	0,41933	3,0189e-06	0,0017375
0,00001	0,17759	0,42141	1,2896e-08	0,00011356
0,000001	0,175	0,41833	3,0109e-10	1,7352e-05

Sumber : Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

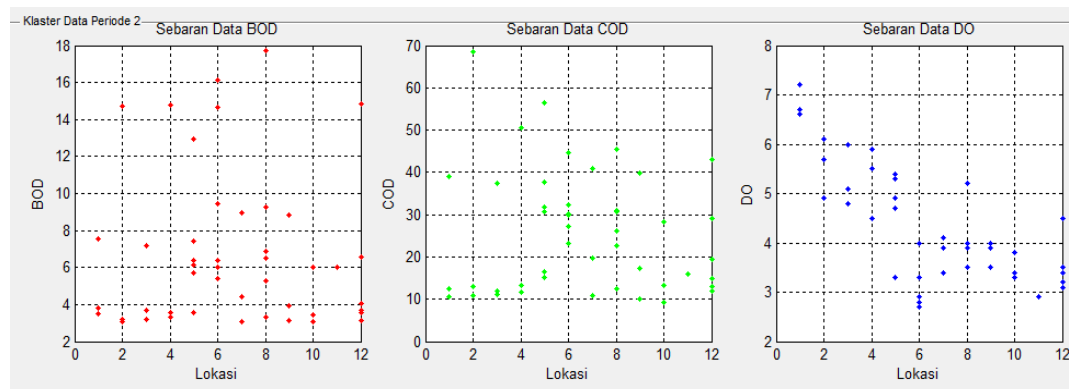
Berikut akan disajikan tren nilai dari indeks pencemaran yang menyatakan status mutu air selama Periode 1 (Januari-Maret 2010) untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau. Gambar 4.7 di bawah ini memperlihatkan bahwa selama Periode 1, rata-rata nilai indeks untuk status air berada pada rentang 1,3238 mg/l hingga 3,1366 mg/l, mengartikan bahwa status mutu air pada periode pada status “Tercemar Ringan”. Sedangkan untuk satu kondisi berada pada status “Tercemar Sedang” dengan nilai indeks sebesar 5,8538 mg/l. Untuk evaluasi status mutu air secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran D**.



Gambar 4.7 Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 1 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)

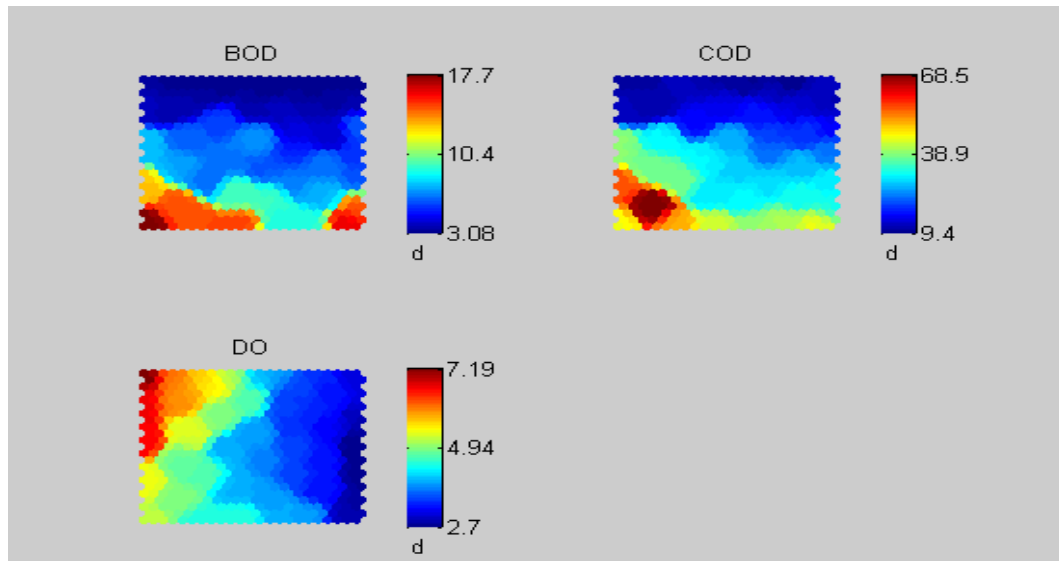
Periode 2 (April-Juni 2010)

Sebaran data untuk parameter BOD, COD dan DO pada Periode 2 dapat disajikan pada gambar berikut ini



Gambar 4.8 Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 2 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Sebaran konsentrasi kualitas air pada Periode 2 disajikan dalam gambar berikut



Gambar 4.9 Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 2 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

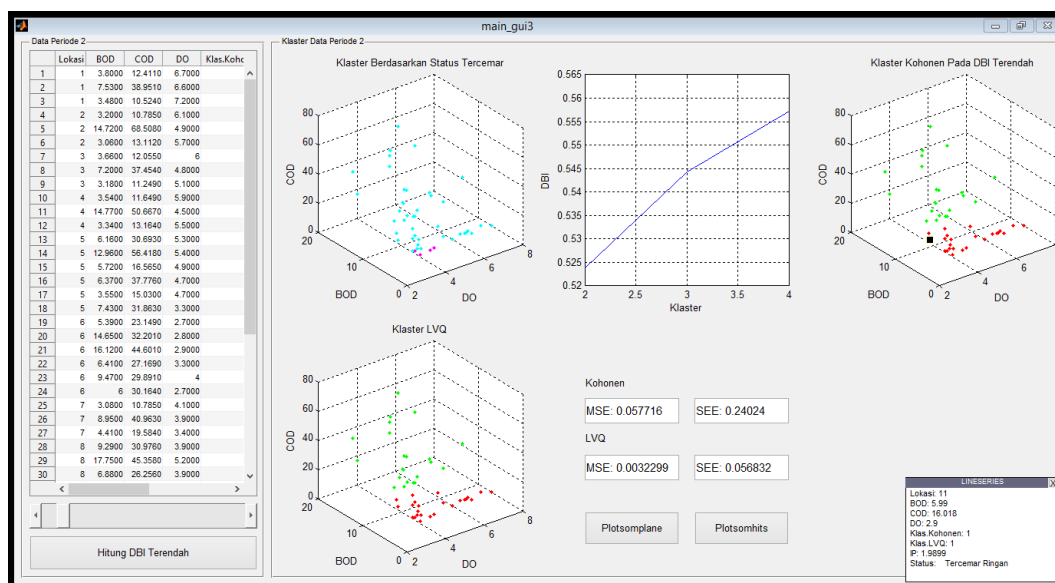
Dari Gambar 4.9 di atas, dapat dilihat karakteristik kandungan konsentrasi parameter kualitas air untuk periode pantau April-Juni 2010 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.11 Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 2

BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
3,08	17,7	9,4	68,5	2,7	7,19

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015

Berikut akan disajikan tampilan dari hasil *running* untuk jaringan LVQ melalui Kohonen-SOM dengan validasi *cluster* menggunakan DBI.



Gambar 4.10 Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 2
(Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)

Pada gambar di atas, terlihat hasil pengelompokan titik pantau dengan waktu pantau bulan April, Mei dan Juni 2010 berada dalam kondisi status air “Status Baik” dan “Tercemar Ringan”. Untuk “Status Baik” hanya terdapat empat titik, artinya sebagian besar titik pantau kualitas air Kali Surabaya untuk periode bulan April, Mei dan Juni berada pada status “Tercemar Ringan”. Titik pantau yang berada pada “Status Baik” yaitu pada titik pantau Bambe Tengah, Jembatan Sepanjang, Bendungan Gunungsari dan Ngagel/Jagir.

Validasi *cluster* DBI diterapkan pada jaringan Kohonen-SOM setelah terbentuknya kelompok berdasarkan status mutu air. Untuk nilai validasi *cluster* DBI disajikan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Nilai Validasi *Cluster* Periode 2

No.	Jumlah <i>Cluster</i>	DBI
1	2	0,5238
2	3	0,54438
3	4	0,55719

Sumber : Hasil Perhitungan DBI, 2015

Anggota *cluster* yang dihasilkan pada jaringan LVQ sesuai dengan anggota *cluster* yang dihasilkan oleh jaringan Kohonen-SOM, terdapat anggota kelompok yang berpindah *cluster* sehingga pelatihan dan pengujian pada Periode 2 untuk nilai *learning rate* tertentu memiliki nilai *mean square error* yang berbeda-beda. Hasil pengujian menggunakan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 2

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 130	Berhenti pada Iterasi ke = 130	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
1	1	1	1	1	1	TR
2	2	2	2	2	2	TR
3	1	1	1	1	1	TR
4	1	1	1	1	1	TR
5	2	2	2	2	2	TR
6	1	1	1	1	1	TR
7	1	1	1	1	1	TR
8	2	2	2	2	1	TR
9	1	1	1	1	1	TR
10	1	1	1	1	1	TR
11	2	2	2	2	2	TR
12	1	1	1	1	1	TR
13	2	2	2	2	1	TR
14	2	2	2	2	2	TR
15	1	1	1	1	1	TR
16	2	2	2	2	1	TR
17	1	1	1	1	1	TR
18	2	2	2	2	1	TR
19	1	1	2	1	1	TR
20	2	2	2	2	1	TR
21	2	2	2	2	2	TR
22	2	2	2	1	1	TR

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 2 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 130	Berhenti pada Iterasi ke = 130	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
23	2	2	2	2	1	TR
24	2	2	2	1	1	TR
25	1	1	1	1	1	SB
26	2	2	2	2	2	TR
27	1	1	1	1	1	TR
28	2	2	2	2	1	TR
29	2	2	2	2	2	TR
30	2	2	2	1	1	TR
31	2	2	2	2	1	TR
32	1	1	1	1	1	TR
33	1	1	1	1	1	TR
34	1	1	1	1	1	SB
35	2	2	2	2	2	TR
36	1	1	1	1	1	TR
37	1	1	1	1	1	SB
38	2	2	2	1	1	TR
39	1	1	1	1	1	TR
40	1	1	1	1	1	TR
41	1	1	1	1	1	TR
42	2	2	1	2	2	TR
43	1	1	1	1	1	TR
44	2	2	2	1	1	TR
45	1	1	1	1	1	SB
46	1	1	1	1	1	TR

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Keterangan Simbol

SB = Status Baik

TR = Tercemar Ringan

TS = Tercemar Sedang

TB = Tercemar Berat

Berdasarkan Tabel 4.13 tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma Kohonen-SOM dan LVQ pada 46 data uji, beberapa data uji belum sesuai dengan kelas label yang ingin dicapai.

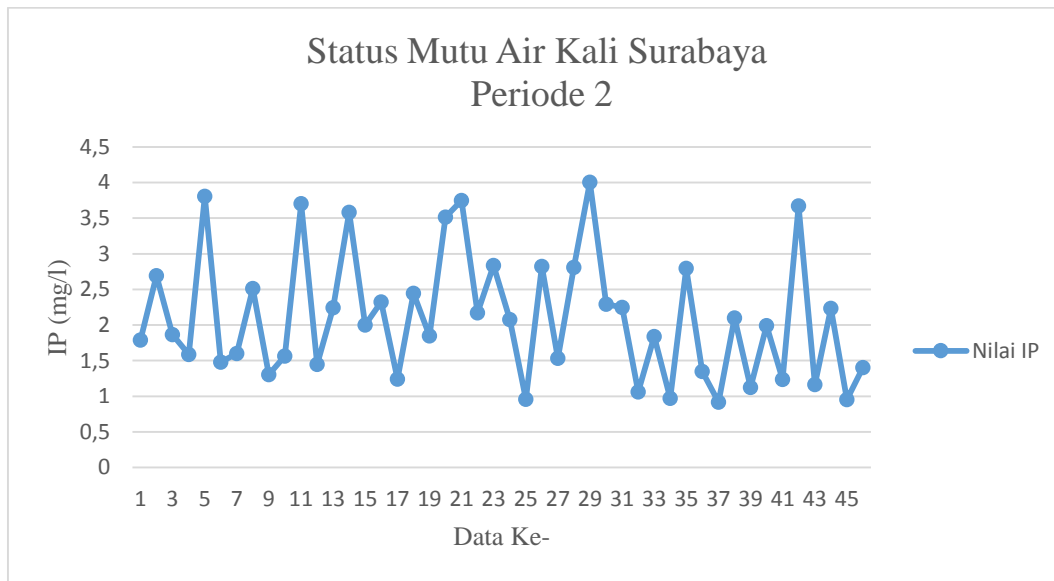
Pengujian selanjutnya yang dilakukan pada metode jaringan syaraf tiruan LVQ yang sangat dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan adalah *learning rate* (α) dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 2

<i>Learning Rate</i> (α)	Jaringan			
	Kohonen-SOM		LVQ	
	MSE	SEE	MSE	SEE
0,001	0,057716	0,24024	0,0032299	0,056832
0,0001	0,064609	0,25418	2,3438e-05	0,0048413
0,00001	0,061834	0,24866	0,0012471	0,035314
0,000001	0,06068	0,24633	0,005401	0,073492

Sumber : Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

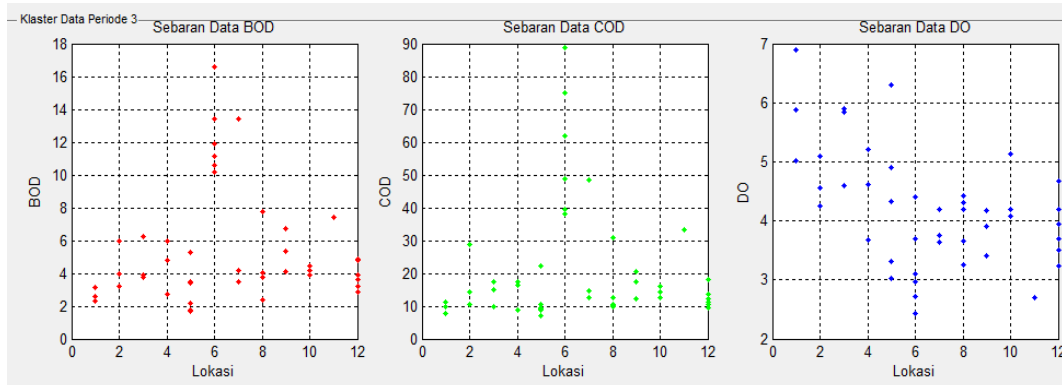
Berikut akan disajikan tren nilai dari indeks pencemaran selama Periode 2 (April-Juni 2010) untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau. Dari Gambar 4.11 di bawah ini terlihat bahwa selama Periode 2, rata-rata nilai indeks untuk status air berada pada rentang 1,1638 mg/l hingga 4,0049 mg/l, yang mengartikan bahwa status mutu air pada Periode 2 rata-rata berada pada status “Tercemar Ringan”. Untuk evaluasi status mutu air secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran D**.



Gambar 4.11 Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 2 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)

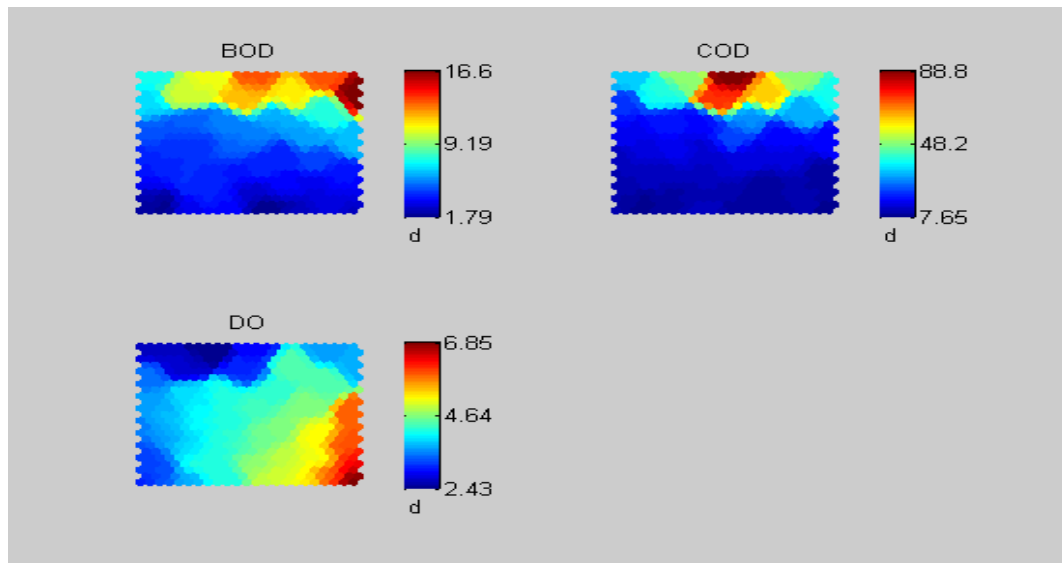
Periode 3 (Juli-September 2010)

Sebaran data untuk parameter BOD, COD dan DO pada Periode 3 dapat disajikan pada gambar berikut ini



Gambar 4.12 Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 3 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Sebaran konsentrasi kualitas air pada Periode 3 disajikan dalam gambar berikut



Gambar 4.13 Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 3 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

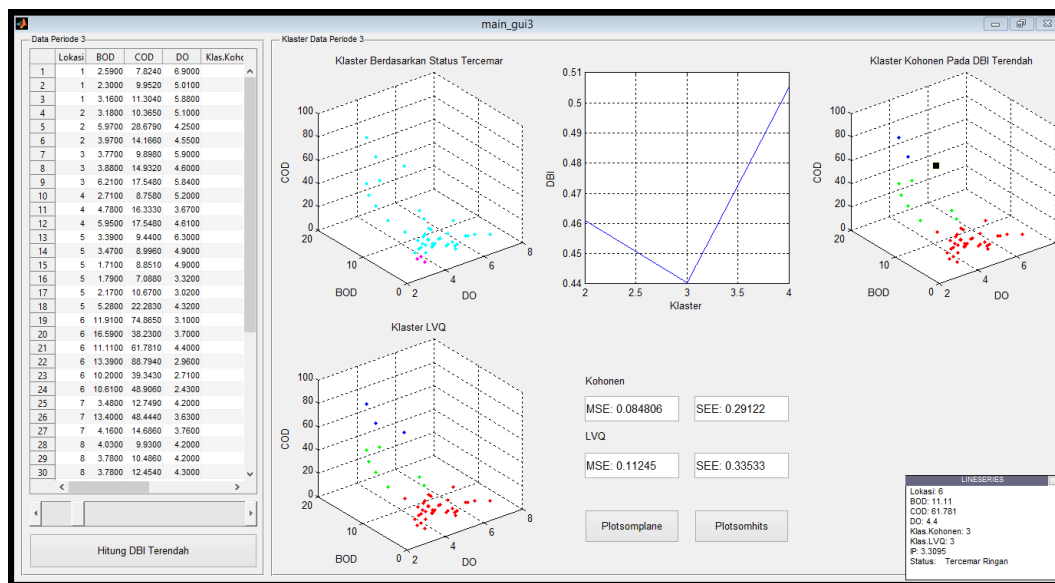
Dari Gambar 4.13 di atas, dapat dilihat karakteristik kandungan konsentrasi parameter kualitas air untuk periode pantau Juli-September 2010 adalah sebagai berikut

Tabel 4.15 Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 3

BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
1,79	16,6	7,65	88,8	2,43	6,85

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015

Berikut akan disajikan tampilan dari hasil *running* untuk jaringan LVQ melalui Kohonen-SOM dengan validasi *cluster* menggunakan DBI. Pada gambar di bawah, terlihat hasil pengelompokan titik pantau dengan waktu pantau bulan Juli, Agustus dan September 2010 berada dalam kondisi status air “Status Baik” dan “Tercemar Ringan”. Sebagian besar titik pantau kualitas air Kali Surabaya untuk periode bulan Juli, Agustus dan September berada pada status “Tercemar Ringan”. Titik pantau yang berada pada “Status Baik” yaitu pada titik pantau Cangkir Tambangan dan Karangpilang.



Gambar 4.14 Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 3
(Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)

Validasi *cluster* DBI diterapkan pada jaringan Kohonen-SOM setelah terbentuknya kelompok berdasarkan status mutu air. Untuk nilai validasi *cluster* DBI disajikan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Nilai Validasi *Cluster* Periode 3

No.	Jumlah Cluster	DBI
1	2	0,46094
2	3	0,44037
3	4	0,50517

Sumber : Hasil Perhitungan DBI, 2015

Anggota *cluster* yang dihasilkan pada jaringan LVQ sesuai dengan anggota *cluster* yang dihasilkan oleh jaringan Kohonen-SOM, terdapat anggota kelompok yang berpindah *cluster* sehingga pelatihan dan pengujian pada Periode 3 memiliki nilai *mean square error* yang berbeda-beda untuk parameter *learning rate* yang berbeda pula. Hasil pengujian menggunakan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 3

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 2376	Berhenti pada Iterasi ke = 2376	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
1	1	1	1	1	1	TR
2	1	1	1	1	1	TR
3	1	1	1	1	1	TR
4	1	1	1	1	1	TR
5	2	2	2	1	1	TR
6	1	1	1	1	1	TR
7	1	1	1	1	1	TR
8	1	1	1	1	1	TR
9	1	1	1	1	1	TR
10	1	1	1	1	1	TR
11	1	1	1	1	1	TR
12	1	1	1	1	1	TR
13	1	1	1	1	1	TR
14	1	1	1	1	1	TR
15	1	1	1	1	1	TR
16	1	1	1	1	1	SB
17	1	1	1	1	1	SB
18	1	1	1	1	1	TR
19	3	3	3	3	3	TR
20	2	2	2	2	1	TR
21	3	3	3	3	3	TR
22	3	3	3	3	3	TR
23	2	2	2	2	1	TR
24	2	2	1	2	3	TR
25	1	1	1	1	1	TR
26	2	2	1	2	3	TR
27	1	1	1	1	1	TR
28	1	1	1	1	1	TR
29	1	1	1	1	1	TR

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 3 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 2376	Berhenti pada Iterasi ke = 2376	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
30	1	1	1	1	1	TR
31	1	1	1	1	1	SB
32	1	1	1	1	1	TR
33	2	2	2	1	1	TR
34	1	1	1	1	1	TR
35	1	1	1	1	1	TR
36	1	1	1	1	1	TR
37	1	1	1	1	1	TR
38	1	1	1	1	1	TR
39	1	1	1	1	1	TR
40	2	2	2	2	1	TR
41	1	1	1	1	1	TR
42	1	1	1	1	1	TR
43	1	1	1	1	1	TR
44	1	1	1	1	1	TR
45	1	1	1	1	1	TR
46	1	1	1	1	1	TR

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Keterangan Simbol

SB = Status Baik

TR = Tercemar Ringan

TS = Tercemar Sedang

TB = Tercemar Berat

Berdasarkan Tabel 4.17 tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma Kohonen-SOM dan LVQ pada 46 data uji, beberapa data uji belum sesuai dengan kelas label yang ingin dicapai sehingga mempengaruhi nilai akurasi pada jaringan.

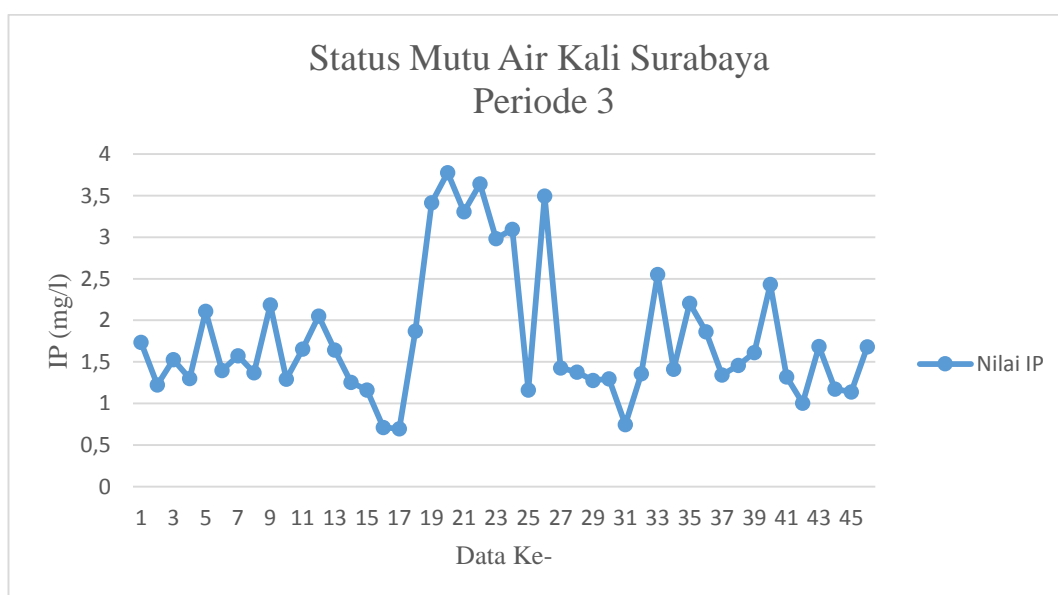
Pengujian selanjutnya yang dilakukan pada metode jaringan syaraf tiruan LVQ yang sangat dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan adalah *learning rate* (α) dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 3

<i>Learning Rate</i> (α)	Jaringan			
	Kohonen-SOM		LVQ	
	MSE	SEE	MSE	SEE
0,001	0,084806	0,29122	0,11245	0,33533
0,0001	0,084784	0,29118	0,0077681	0,088137
0,00001	0,085711	0,29276	0,0024944	0,0049944
0,000001	0,082295	0,28687	8,5237e-05	0,0092324

Sumber : Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

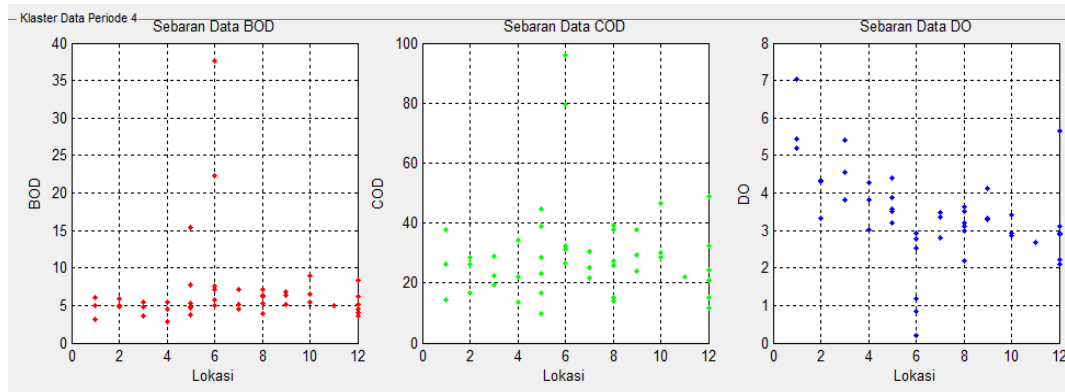
Berikut akan disajikan tren nilai dari indeks pencemaran selama Periode 3 (Juli-September 2010) untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau. Dari Gambar 4.15 di bawah ini terlihat bahwa selama Periode 3, terdapat 3 titik pantau yang memiliki status mutu air “Status Baik” yaitu Cangkir Tambangan untuk waktu pantau 16 Agustus 2010 dan 2 September 2010, dan Karangpilang untuk waktu pantau yang sama. Selebihnya rata-rata nilai indeks untuk status air pada Periode 3 ini berada pada rentang 1,0047 mg/l hingga 3,7796 mg/l, yang mengartikan bahwa status mutu air pada Periode 3 rata-rata berada pada status “Tercemar Ringan”. Untuk evaluasi status mutu air secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran D**.



Gambar 4.15 Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 3 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)

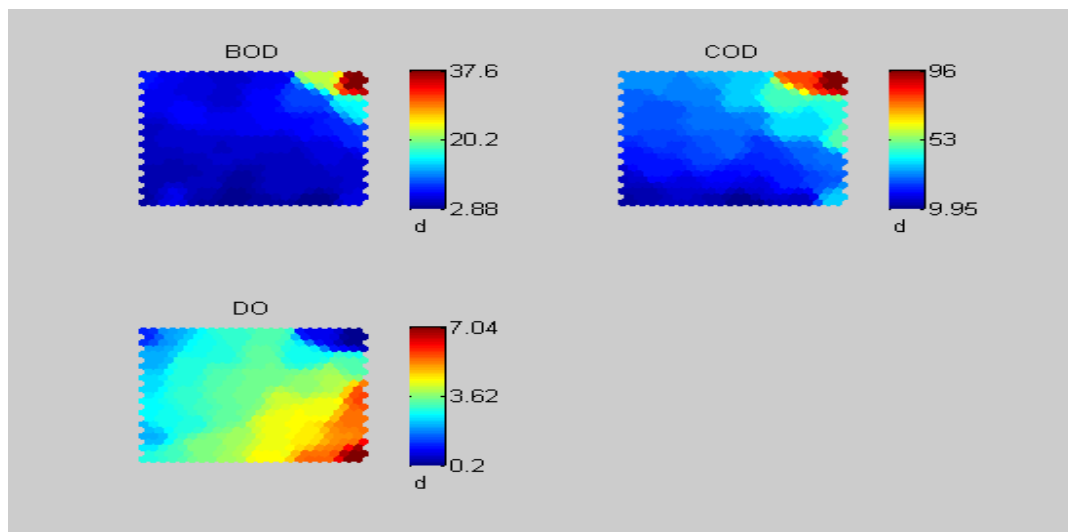
Periode 4 (Oktober-Desember 2010)

Sebaran data untuk parameter BOD, COD dan DO pada Periode 4 dapat disajikan pada gambar berikut ini



Gambar 4.16 Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 4 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Sebaran konsentrasi kualitas air pada Periode 4 disajikan dalam gambar berikut



Gambar 4.17 Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 4 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

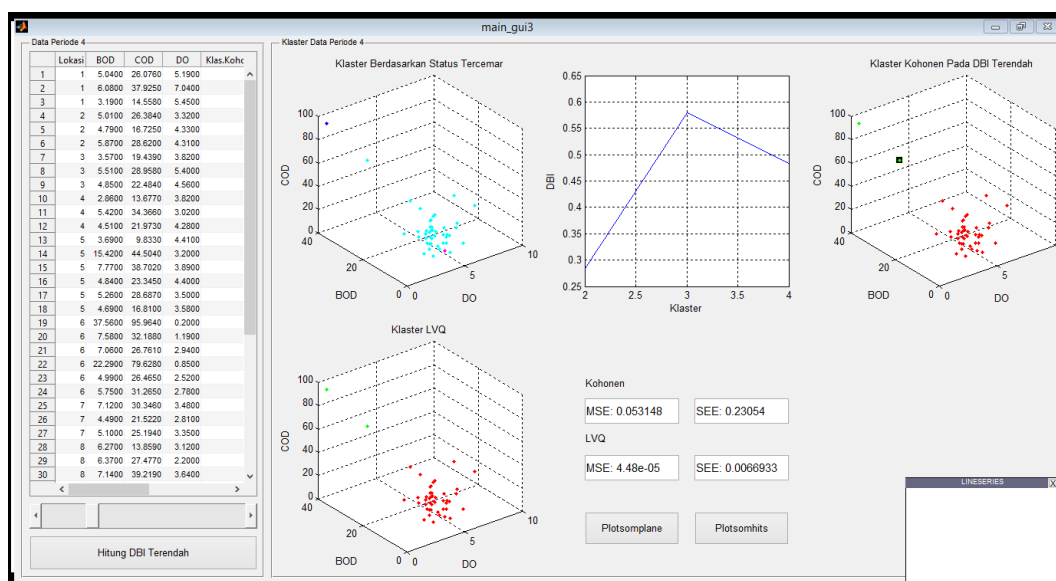
Dari Gambar 4.17 di atas, dapat dilihat karakteristik kandungan konsentrasi parameter kualitas air untuk periode pantau Oktober-Desember 2010 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.19 Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 4

BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
2,88	37,6	9,95	96	0,2	7,04

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015

Berikut akan disajikan tampilan dari hasil *running* untuk jaringan LVQ melalui Kohonen-SOM dengan validasi *cluster* menggunakan DBI. Pada gambar di bawah, terlihat hasil pengelompokan titik pantau dengan waktu pantau bulan Oktober, Nopember dan Desember 2010 berada dalam kondisi status air “Status Baik”, “Tercemar Ringan” dan “Tercemar Sedang”. Untuk titik pantau Jembatan Jrebeng (Oktober) berada pada status mutu air “Status Baik”, Muara Kali Tengah (Oktober) berada pada status mutu air “Tercemar Sedang” dan selebihnya berada pada status “Tercemar Ringan”.



Gambar 4.18 Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 4 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)

Validasi *cluster* DBI diterapkan pada jaringan Kohonen-SOM setelah terbentuknya kelompok berdasarkan status mutu air. Untuk nilai validasi *cluster* DBI disajikan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Nilai Validasi *Cluster* Periode 4

No.	Jumlah <i>Cluster</i>	DBI
1	2	0,28448
2	3	0,57932
3	4	0,48348

Sumber : Hasil Perhitungan DBI, 2015

Anggota *cluster* yang dihasilkan pada jaringan LVQ sesuai dengan anggota *cluster* yang dihasilkan oleh jaringan Kohonen-SOM, anggota kelompok tidak berpindah *cluster*. Hasil pengujian menggunakan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 4

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 2	Berhenti pada Iterasi ke = 2	Berhenti pada Iterasi ke = 2	Berhenti pada Iterasi ke = 6	Berhenti pada Iterasi ke = 1	
1	1	1	1	1	1	TR
2	1	1	1	1	1	TR
3	1	1	1	1	1	TR
4	1	1	1	1	1	TR
5	1	1	1	1	1	TR
6	1	1	1	1	1	TR
7	1	1	1	1	1	TR
8	1	1	1	1	1	TR
9	1	1	1	1	1	TR
10	1	1	1	1	1	SB
11	1	1	1	1	1	TR
12	1	1	1	1	1	TR
13	1	1	1	1	1	TR
14	1	1	1	1	1	TR
15	1	1	1	1	1	TR

Tabel 4.21 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 4 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 2	Berhenti pada Iterasi ke = 2	Berhenti pada Iterasi ke = 2	Berhenti pada Iterasi ke = 6	Berhenti pada Iterasi ke = 1	
16	1	1	1	1	1	TR
17	1	1	1	1	1	TR
18	1	1	1	1	1	TR
19	2	2	2	2	2	TS
20	1	1	1	1	1	TR
21	1	1	1	1	1	TR
22	2	2	2	2	2	TR
23	1	1	1	1	1	TR
24	1	1	1	1	1	TR
25	1	1	1	1	1	TR
26	1	1	1	1	1	TR
27	1	1	1	1	1	TR
28	1	1	1	1	1	TR
29	1	1	1	1	1	TR
30	1	1	1	1	1	TR
31	1	1	1	1	1	TR
32	1	1	1	1	1	TR
33	1	1	1	1	1	TR
34	1	1	1	1	1	TR
35	1	1	1	1	1	TR
36	1	1	1	1	1	TR
37	1	1	1	1	1	TR
38	1	1	1	1	1	TR
39	1	1	1	1	1	TR
40	1	1	1	1	1	TR
41	1	1	1	1	1	TR
42	1	1	1	1	1	TR
43	1	1	1	1	1	TR
44	1	1	1	1	1	TR

Tabel 4.21 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 4 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 2	Berhenti pada Iterasi ke = 2	Berhenti pada Iterasi ke = 2	Berhenti pada Iterasi ke = 6	Berhenti pada Iterasi ke = 1	
45	1	1	1	1	1	TR
46	1	1	1	1	1	TR

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Keterangan Simbol

SB = Status Baik

TS = Tercemar Sedang

TR = Tercemar Ringan

TB = Tercemar Berat

Berdasarkan Tabel 4.21 tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma Kohonen-SOM dan LVQ pada 46 data uji, untuk data uji pelatihan dengan nilai *learning rate* 0,001 dan 0,0001 sesuai dengan kelas label yang ingin dicapai.

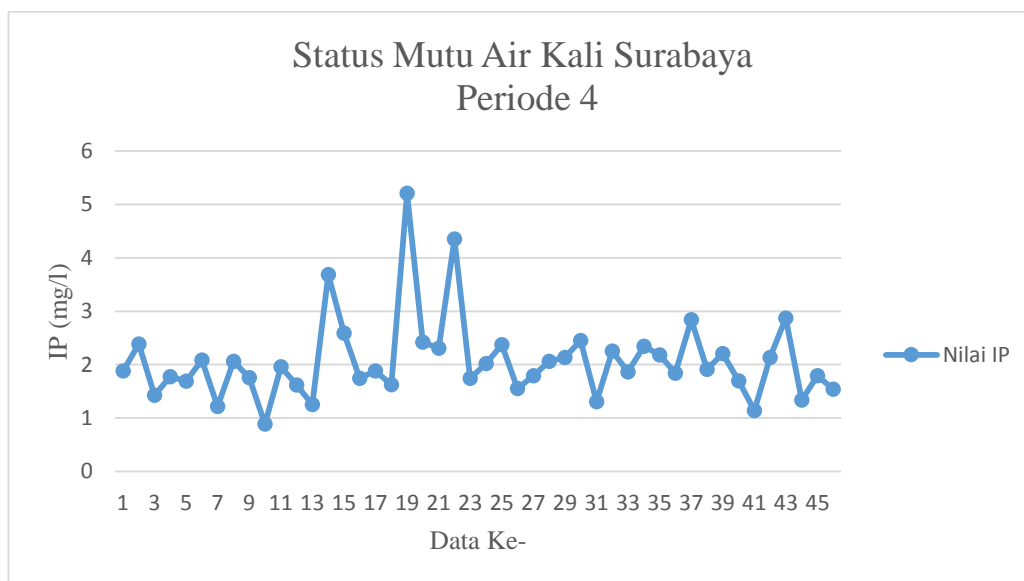
Pengujian selanjutnya yang dilakukan pada metode jaringan syaraf tiruan LVQ yang sangat dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan adalah *learning rate* (α) dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 4

<i>Learning Rate</i> (α)	Jaringan			
	Kohonen-SOM		LVQ	
	MSE	SEE	MSE	SEE
0,001	0,053148	0,23054	4,48e-05	0,0066933
0,0001	0,053996	0,23237	4,4777e-07	0,00066916
0,00001	0,054355	0,23314	4,5623e-08	0,0002136
0,000001	0,05268	0,22952	9,9826e-12	3,1595e-06

Sumber : Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Berikut akan disajikan tren nilai dari indeks pencemaran selama Periode 4 (Oktober-Desember 2010) untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau. Dari

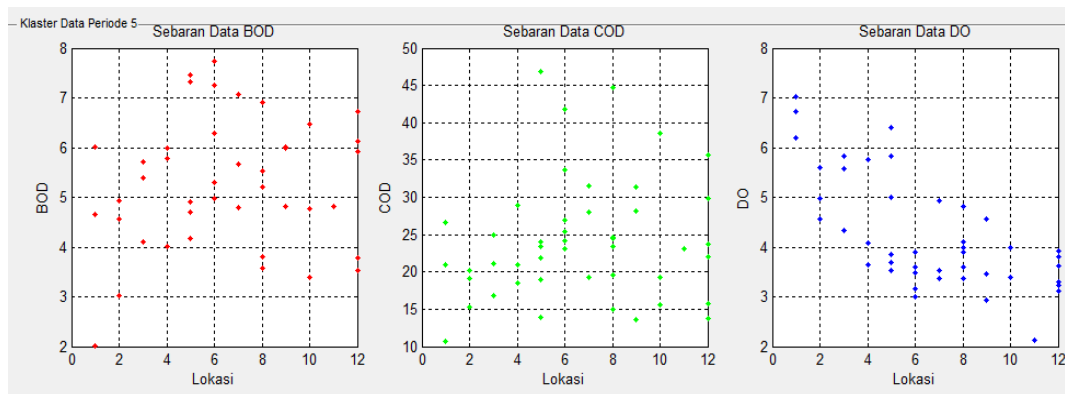


Gambar 4.19 Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 4 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)

Gambar 4.19 di atas terlihat bahwa selama Periode 4, terdapat 1 titik pantau yang memiliki status mutu air “Status Baik” yaitu Jembatan Jrebeng untuk waktu pantau 15 Oktober 2010. Dan terdapat 1 titik pantau yang memiliki status mutu air “Tercemar Sedang” yaitu pada titik pantau Muara Kali Tengah dengan waktu pantau tanggal 4 Oktober 2010. Selebihnya rata-rata nilai indeks untuk status air pada Periode 4 ini berada pada rentang 1,1391 mg/l hingga 4,3498 mg/l, yang mengartikan bahwa status mutu air pada Periode 4 rata-rata berada pada status “Tercemar Ringan”. Untuk evaluasi status mutu air secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran D**.

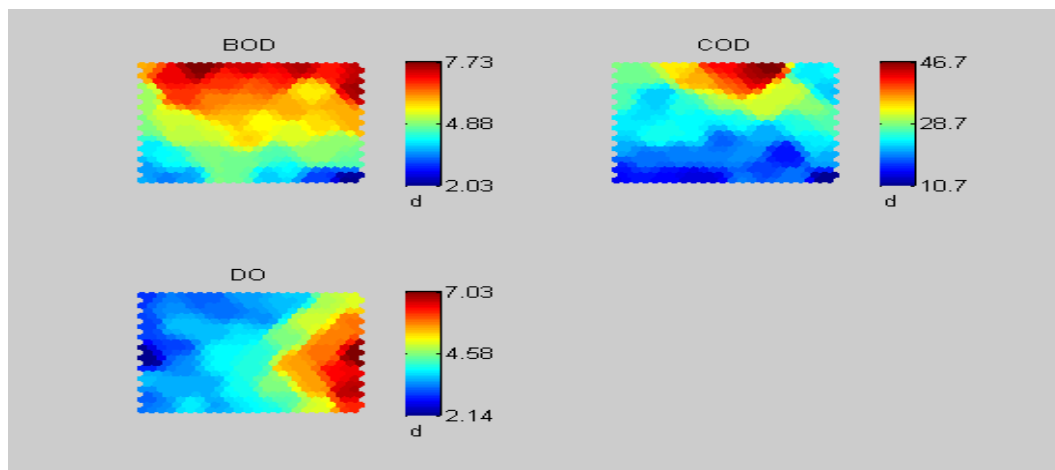
Periode 5 (Januari-Maret 2011)

Sebaran data untuk parameter BOD, COD dan DO pada Periode 5 dapat disajikan pada gambar berikut ini.



Gambar 4.20 Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 5 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Sebaran konsentrasi kualitas air pada Periode 5 disajikan dalam gambar berikut



Gambar 4.21 Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 5 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

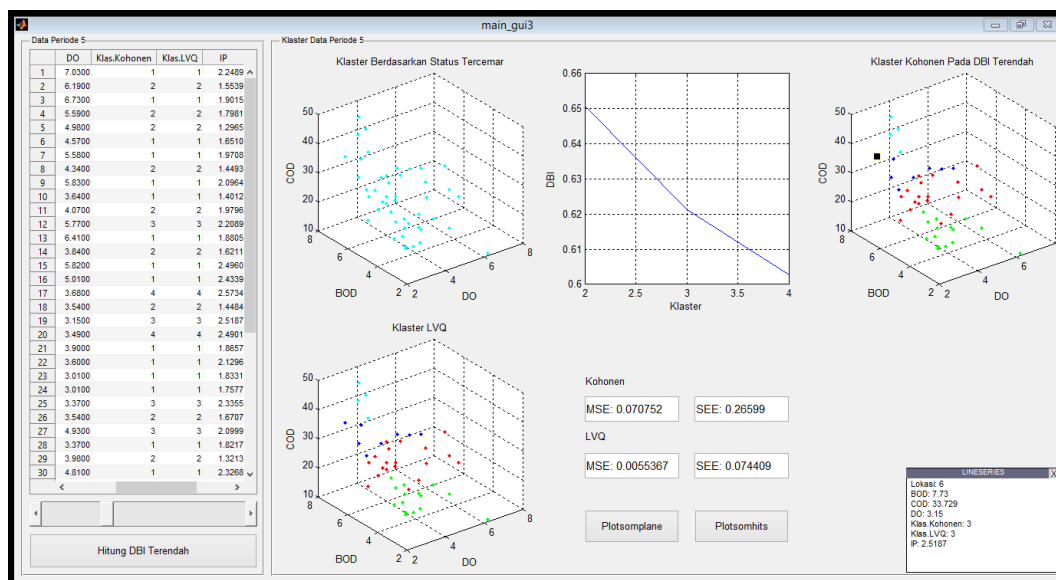
Dari Gambar 4.21 di atas, dapat dilihat karakteristik kandungan konsentrasi parameter kualitas air untuk periode pantau Januari-Maret 2011 adalah sebagai berikut

Tabel 4.23 Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 5

BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
2,03	7,73	10,7	46,7	2,14	7,03

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015

Berikut akan disajikan tampilan dari hasil *running* untuk jaringan LVQ melalui Kohonen-SOM dengan validasi *cluster* menggunakan DBI. Pada gambar di bawah, terlihat hasil pengelompokan titik pantau dengan waktu pantau bulan Januari, Februari dan Maret 2011 secara keseluruhan berada dalam kondisi status mutu air “Tercemar Ringan”.



Gambar 4.22 Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 5 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)

Validasi *cluster* DBI diterapkan pada jaringan Kohonen-SOM setelah terbentuknya kelompok berdasarkan status mutu air. Untuk nilai validasi *cluster* DBI disajikan pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Nilai Validasi *Cluster* Periode 5

No.	Jumlah Cluster	DBI
1	2	0,6507
2	3	0,62136
3	4	0,60274

Sumber : Hasil Perhitungan DBI, 2015

Anggota *cluster* yang dihasilkan pada jaringan LVQ sesuai dengan anggota *cluster* yang dihasilkan oleh jaringan Kohonen-SOM, terdapat anggota kelompok yang berpindah *cluster* sehingga pelatihan dan pengujian pada Periode 5

memiliki nilai *mean square error* yang berbeda pada setiap pelatihan dengan parameter *learning rate* yang berbeda. Hasil pengujian menggunakan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 5

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 1305	Berhenti pada Iterasi ke = 1305	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
1	1	1	1	1	2	TR
2	2	2	2	2	2	TR
3	1	1	1	2	2	TR
4	2	2	2	2	2	TR
5	2	2	2	2	2	TR
6	1	1	1	2	2	TR
7	1	1	1	2	2	TR
8	2	2	2	2	2	TR
9	1	1	1	2	2	TR
10	1	1	1	2	2	TR
11	2	2	2	2	2	TR
12	3	3	1	3	3	TR
13	1	1	1	2	2	TR
14	2	2	2	2	2	TR
15	1	1	1	2	2	TR
16	1	1	1	2	2	TR
17	4	4	4	4	4	TR
18	2	2	2	2	2	TR
19	3	3	3	4	4	TR
20	4	4	4	4	4	TR
21	1	1	1	2	2	TR
22	1	1	1	2	2	TR
23	1	1	1	2	2	TR
24	1	1	1	3	2	TR
25	3	3	3	3	3	TR
26	2	2	2	2	2	TR

Tabel 4.25 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 5 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 1305	Berhenti pada Iterasi ke = 1305	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
27	3	3	3	4	4	TR
28	1	1	1	2	2	TR
29	2	2	2	2	2	TR
30	1	1	1	2	2	TR
31	1	1	1	2	2	TR
32	4	4	4	4	4	TR
33	2	2	2	2	2	TR
34	3	3	2	3	2	TR
35	2	2	2	2	2	TR
36	3	3	3	4	4	TR
37	4	4	4	4	4	TR
38	2	2	2	2	2	TR
39	2	2	2	2	2	TR
40	1	1	1	2	2	TR
41	3	3	3	4	4	TR
42	2	2	2	2	2	TR
43	1	1	1	2	2	TR
44	1	1	1	2	2	TR
45	3	3	3	4	4	TR
46	2	2	2	2	2	TR

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Keterangan Simbol

SB = Status Baik

TR = Tercemar Ringan

TS = Tercemar Sedang

TB = Tercemar Berat

Berdasarkan Tabel 4.25 tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma Kohonen-SOM dan LVQ pada 46 data uji, untuk data uji pelatihan dengan nilai *learning rate* 0,0001 dan 0,00001 belum sesuai dengan kelas label yang ingin dicapai.

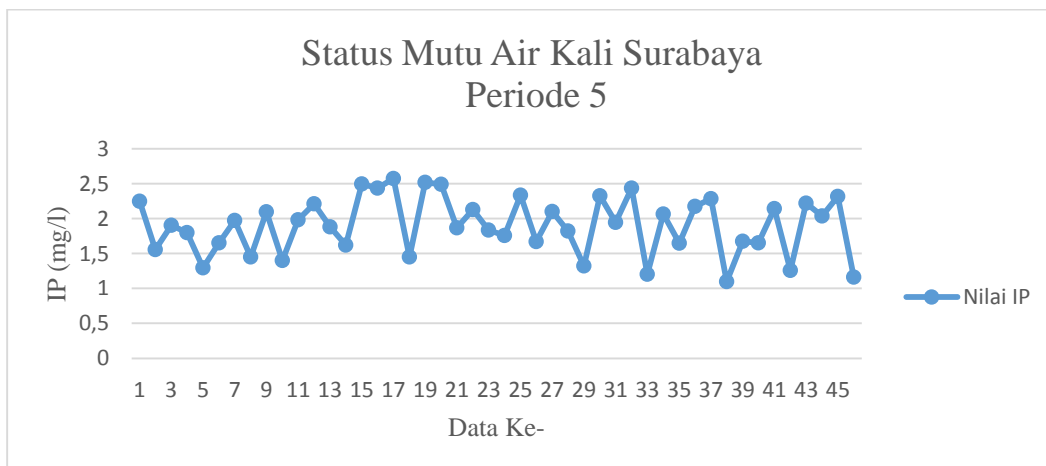
Pengujian selanjutnya yang dilakukan pada metode jaringan syaraf tiruan LVQ yang sangat dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan adalah *learning rate* (α) dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 5

<i>Learning Rate</i> (α)	Jaringan			
	Kohonen-SOM		LVQ	
	MSE	SEE	MSE	SEE
0,001	0,070752	0,26599	0,0055367	0,074409
0,0001	0,05491	0,23433	0,0025755	0,05075
0,00001	0,043797	0,20928	0,00023612	0,015366
0,000001	0,046959	0,2167	1,5781e-06	0,0012562

Sumber : Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

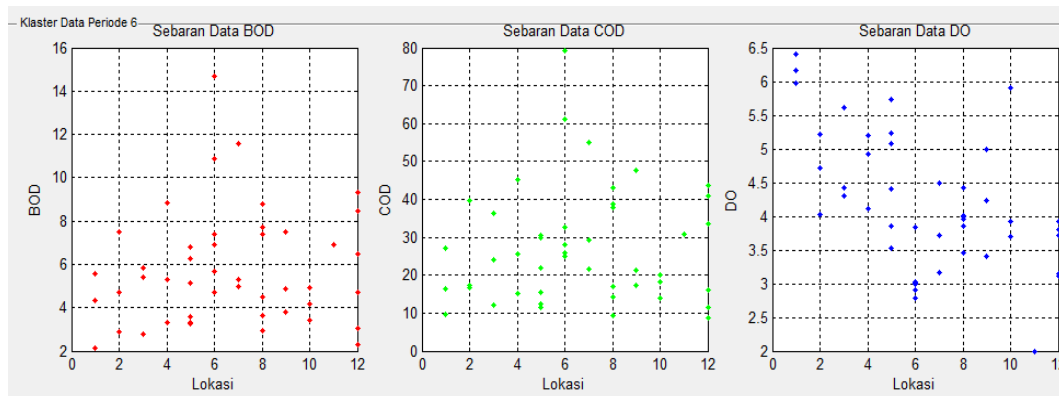
Berikut akan disajikan tren nilai dari indeks pencemaran selama Periode 5 (Januari-Maret 2011) untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau. Dari Gambar 4.23 di bawah ini terlihat bahwa selama Periode 5, secara keseluruhan titik pantau untuk setiap waktu pemantauan berada pada status mutu air “Tercemar Ringan”. Pada Periode 5 ini nilai indeks pencemaran berada pada 1,0984 mg/l hingga 2,5734 mg/l, yang mengartikan bahwa status mutu air pada Periode 5 berada pada status “Tercemar Ringan. Untuk evaluasi status mutu air secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran D**.



Gambar 4.23 Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 5 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)

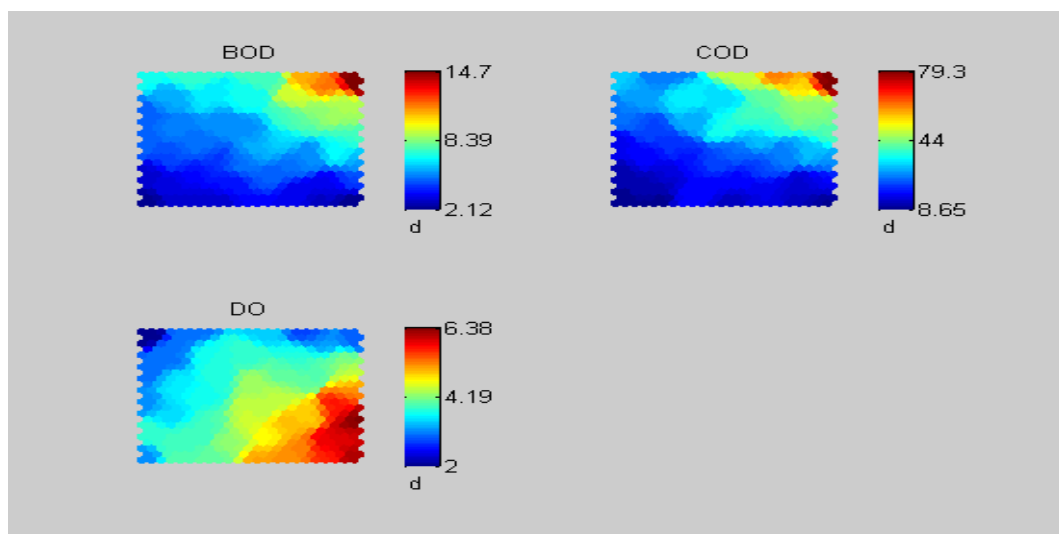
Periode 6 (April-Juni 2011)

Sebaran data untuk parameter BOD, COD dan DO pada Periode 6 dapat disajikan pada gambar berikut ini



Gambar 4.24 Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 6 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Sebaran konsentrasi kualitas air pada Periode 6 disajikan dalam gambar berikut



Gambar 4.25 Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 6 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Dari Gambar 4.25 di atas, dapat dilihat karakteristik kandungan konsentrasi parameter kualitas air untuk periode pantau April-Juni 2011 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.27 Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 6

BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
2,12	14,7	8,65	79,3	2	6,38

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015

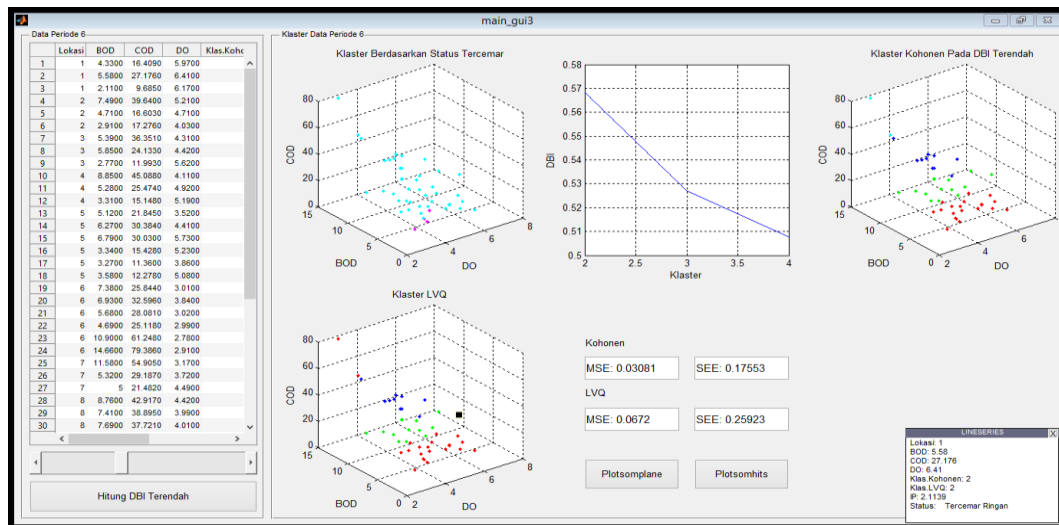
Validasi *cluster* DBI diterapkan pada jaringan Kohonen-SOM setelah terbentuknya kelompok berdasarkan status mutu air. Untuk nilai validasi *cluster* DBI disajikan pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Nilai Validasi *Cluster* Periode 6

No.	Jumlah <i>Cluster</i>	DBI
1	2	0,56825
2	3	0,52679
3	4	0,50781

Sumber : Hasil Perhitungan DBI, 2015

Berikut akan disajikan tampilan dari hasil *running* untuk jaringan LVQ melalui Kohonen-SOM dengan validasi *cluster* menggunakan DBI. Pada gambar di bawah, terlihat hasil pengelompokan titik pantau dengan waktu pantau bulan April, Mei dan Juni 2011 berada pada status mutu air “Status Baik” dan “Tercemar Ringan”. Untuk titik pantau yang memiliki status mutu air “Status Baik” yaitu Jembatan Jetis, Karangpilang dan Ngagel/Jagir.



Gambar 4.26 Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 6 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)

Anggota *cluster* yang dihasilkan pada jaringan LVQ sesuai dengan anggota *cluster* yang dihasilkan oleh jaringan Kohonen-SOM, terdapat anggota kelompok yang berpindah *cluster*. Hasil pengujian menggunakan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 6

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
1	1	1	1	1	1	TR
2	2	2	2	1	1	TR
3	1	1	1	1	1	TR
4	3	3	2	3	1	TR
5	1	1	1	1	1	TR
6	1	1	1	1	1	SB
7	3	3	2	3	1	TR
8	2	2	1	1	1	TR
9	1	1	1	1	1	TR
10	3	3	1	4	4	TR

Tabel 4.29 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 6 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
11	2	2	2	1	1	TR
12	1	1	1	1	1	TR
13	2	2	1	1	1	TR
14	2	2	2	1	1	TR
15	2	2	2	1	1	TR
16	1	1	1	1	1	TR
17	1	1	1	1	1	TR
18	1	1	1	1	1	TR
19	2	2	2	1	1	TR
20	2	2	2	1	1	TR
21	2	2	2	1	1	TR
22	2	2	1	1	1	TR
23	4	1	1	4	4	TR
24	4	1	1	4	4	TR
25	3	3	1	4	4	TR
26	2	2	2	1	1	TR
27	2	2	1	1	1	TR
28	3	3	2	3	1	TR
29	3	3	2	3	1	TR
30	3	3	2	3	1	TR
31	1	1	1	1	1	TR
32	1	1	1	1	1	SB
33	1	1	1	1	1	TR
34	3	3	1	4	4	TR
35	1	1	1	1	1	TR
36	1	1	1	1	1	TR
37	1	1	1	1	1	TR
38	1	1	1	1	1	TR
39	1	1	1	1	1	TR

Tabel 4.29 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 6 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
40	2	2	2	1	1	TR
41	3	3	2	3	1	TR
42	2	2	2	1	1	TR
43	3	3	2	3	3	TR
44	1	1	1	1	1	TR
45	1	1	1	1	1	SB
46	1	1	1	1	1	SB

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Keterangan Simbol

SB = Status Baik

TS = Tercemar Sedang

TR = Tercemar Ringan

TB = Tercemar Berat

Berdasarkan Tabel 4.29 tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma Kohonen-SOM dan LVQ pada 46 data uji, beberapa untuk data uji pelatihan belum sesuai dengan kelas label yang ingin dicapai.

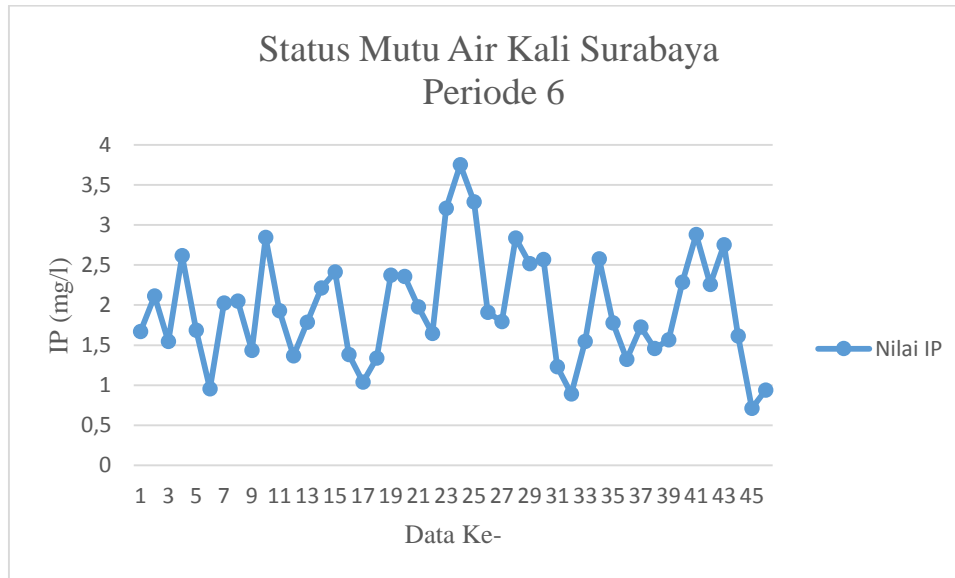
Pengujian selanjutnya yang dilakukan pada metode jaringan syaraf tiruan LVQ yang sangat dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan adalah *learning rate* (α) dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 6

<i>Learning Rate</i> (α)	Jaringan			
	Kohonen-SOM		LVQ	
	MSE	SEE	MSE	SEE
0,001	0,03081	0,17553	0,0672	0,25923
0,0001	0,037681	0,19412	0,0043458	0,065922
0,00001	0,037436	0,19348	0,0009746	0,031219
0,000001	0,039311	0,19827	7,0599e-06	0,002657

Sumber : Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Berikut akan disajikan tren nilai dari indeks pencemaran selama Periode 6 (April-Juni 2011) untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau. Dari Gambar 4.27 di bawah ini terlihat bahwa selama Periode 6, dengan rata-rata titik pantau untuk setiap waktu pemantauan berada pada status mutu air “Tercemar Ringan”

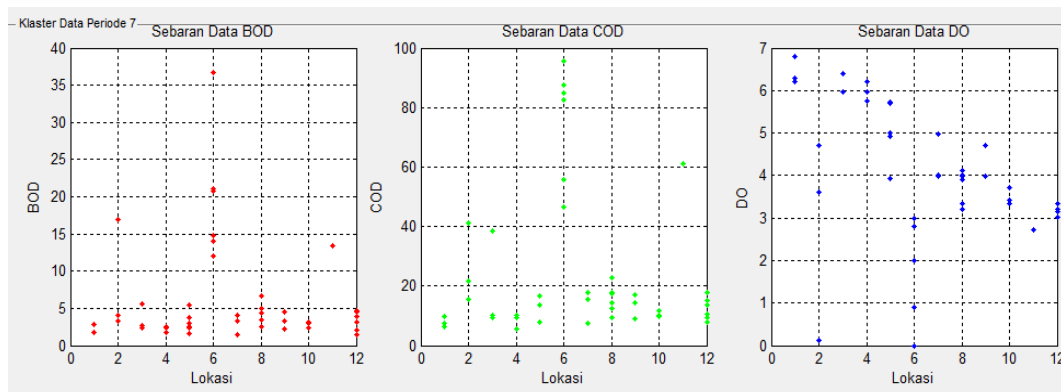


Gambar 4.27 Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 6 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)

sedangkan beberapa titik pantau berada pada status mutu air “Status Baik”. Pada Periode 6 ini nilai indeks pencemaran berada pada 1,0402 mg/l hingga 3,7505 mg/l, yang mengartikan bahwa status mutu air pada Periode 6 sebagian besar berada pada status “Tercemar Ringan”. Untuk evaluasi status mutu air secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran D**.

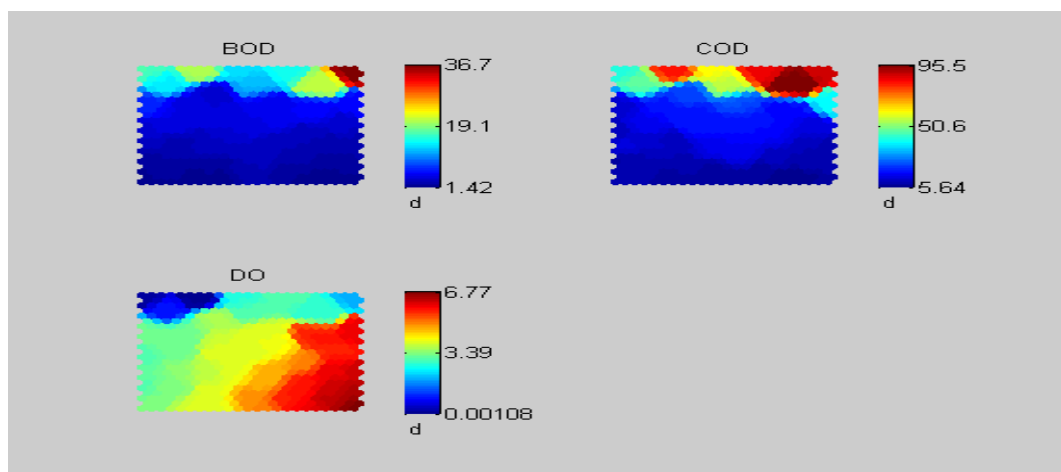
Periode 7 (Juli-September 2011)

Sebaran data untuk parameter BOD, COD dan DO pada Periode 7 dapat disajikan pada gambar berikut ini.



Gambar 4.28 Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 7 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Sebaran konsentrasi kualitas air pada Periode 7 disajikan dalam gambar berikut



Gambar 4.29 Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 7 (Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Dari Gambar 4.29 di atas, dapat dilihat karakteristik kandungan konsentrasi parameter kualitas air untuk periode pantau Juli-September 2011 adalah sebagai berikut

Tabel 4.31 Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 7

BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
1,42	36,7	5,64	95,5	0,00108	6,77

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015

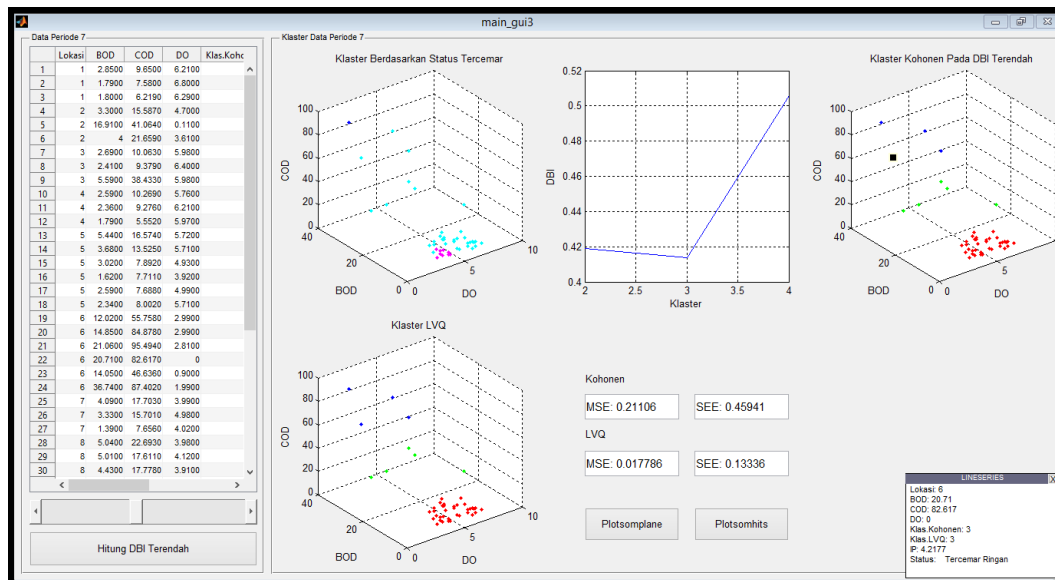
Validasi *cluster* DBI diterapkan pada jaringan Kohonen-SOM setelah terbentuknya kelompok berdasarkan status mutu air. Untuk nilai validasi *cluster* DBI disajikan pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 Nilai Validasi *Cluster* Periode 7

No.	Jumlah <i>Cluster</i>	DBI
1	2	0,41902
2	3	0,41381
3	4	0,50595

Sumber : Hasil Perhitungan DBI, 2015

Berikut akan disajikan tampilan dari hasil *running* untuk jaringan LVQ melalui Kohonen-SOM dengan validasi *cluster* menggunakan DBI. Pada gambar di bawah, terlihat hasil pengelompokan titik pantau dengan waktu pantau bulan Juli, Agustus dan September 2011 berada pada status mutu air “Status Baik” dan “Tercemar Ringan”. Kondisi status mutu air “Status Baik” pada periode ini yaitu untuk titik pantau Cangkir Tambangan, Bambe Tengah, Karangpilang, Jembatan Sepanjang, Bendungan Gunungsari dan Ngagel/Jagir.



Gambar 4.30 Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 7 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)

Anggota *cluster* yang dihasilkan pada jaringan LVQ sesuai dengan anggota *cluster* yang dihasilkan oleh jaringan Kohonen-SOM, terdapat anggota kelompok yang berpindah *cluster*. Hasil pengujian menggunakan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dapat dilihat pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 7

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 894	Berhenti pada Iterasi ke = 894	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
1	1	1	1	1	1	TR
2	1	1	1	1	1	TR
3	1	1	1	1	1	TR
4	1	1	1	1	1	TR
5	2	2	1	2	1	TR
6	1	1	1	1	1	TR
7	1	1	1	1	1	TR
8	1	1	1	1	1	TR
9	2	2	1	2	1	TR
10	1	1	1	1	1	TR
11	1	1	1	1	1	TR
12	1	1	1	1	1	TR
13	1	1	1	1	1	TR
14	1	1	1	1	1	TR
15	1	1	1	1	1	TR
16	1	1	1	1	1	SB
17	1	1	1	1	1	TR
18	1	1	1	1	1	TR
19	2	2	1	3	3	TR
20	3	3	2	3	3	TR
21	3	3	2	3	3	TR
22	3	3	2	3	3	TR
23	2	2	1	2	1	TR
24	3	3	2	3	3	TR
25	1	1	1	1	1	TR

Tabel 4.33 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 7 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 894	Berhenti pada Iterasi ke = 894	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
26	1	1	1	1	1	TR
27	1	1	1	1	1	SB
28	1	1	1	1	1	TR
29	1	1	1	1	1	TR
30	1	1	1	1	1	TR
31	1	1	1	1	1	SB
32	1	1	1	1	1	TR
33	1	1	1	1	1	TR
34	1	1	1	1	1	TR
35	1	1	1	1	1	TR
36	1	1	1	1	1	SB
37	1	1	1	1	1	SB
38	1	1	1	1	1	SB
39	1	1	1	1	1	SB
40	2	2	1	3	3	TR
41	1	1	1	1	1	TR
42	1	1	1	1	1	SB
43	1	1	1	1	1	TR
44	1	1	1	1	1	TR
45	1	1	1	1	1	TR
46	1	1	1	1	1	SB

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Keterangan Simbol

SB = Status Baik

TR = Tercemar Ringan

TS = Tercemar Sedang

TB = Tercemar Berat

Berdasarkan Tabel 4.33 tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma Kohonen-SOM dan LVQ pada 46 data uji, beberapa untuk data uji pelatihan belum sesuai dengan kelas label yang ingin dicapai.

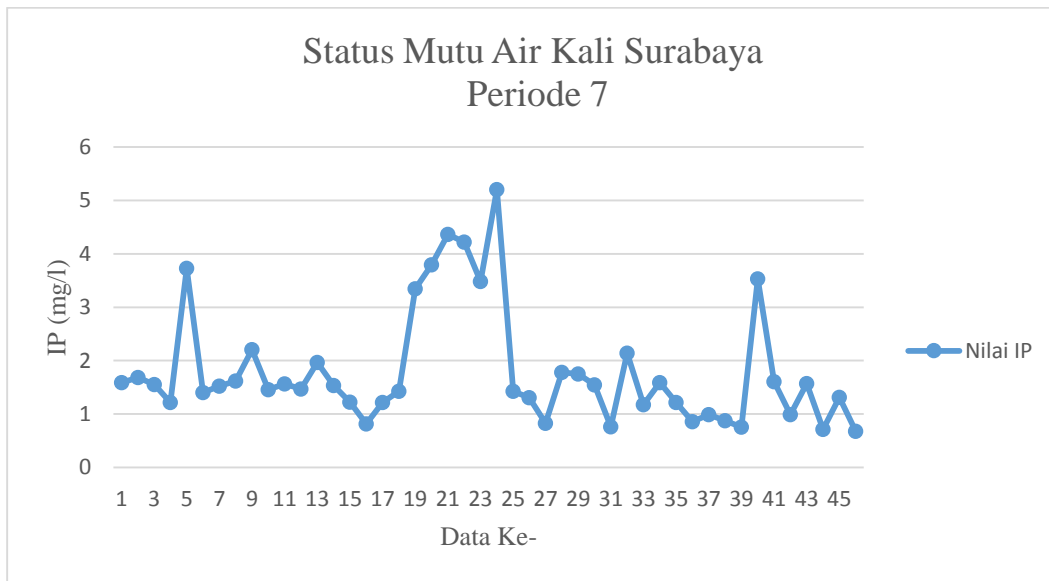
Pengujian selanjutnya yang dilakukan pada metode jaringan syaraf tiruan LVQ yang sangat dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan adalah *learning rate* (α) dapat dilihat pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34 Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 7

<i>Learning Rate</i> (α)	Jaringan			
	Kohonen-SOM		LVQ	
	MSE	SEE	MSE	SEE
0,001	0,21106	0,459411	0,017786	0,13336
0,0001	0,054315	0,23306	0,015364	0,12395
0,00001	0,20706	0,45504	0,0073071	0,085482
0,000001	0,21587	0,46462	0,00028475	0,016874

Sumber : Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

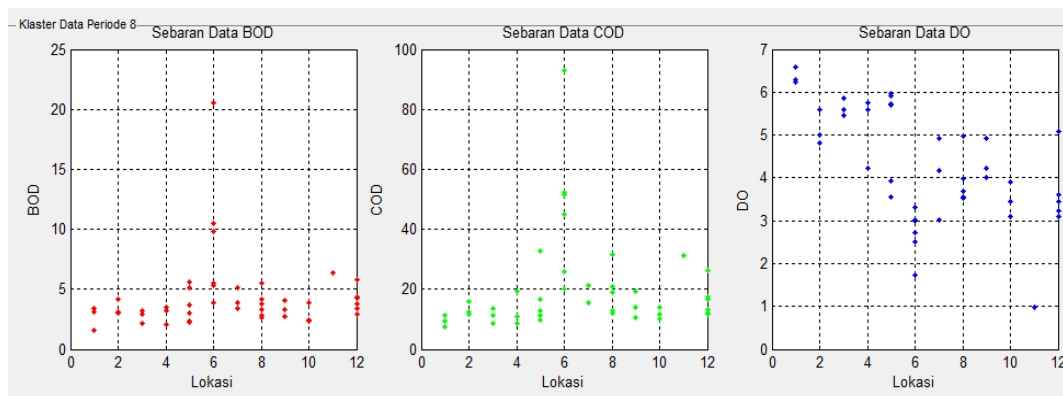
Berikut akan disajikan tren nilai dari indeks pencemaran selama Periode 7 (Juli-September 2011) untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau. Dari Gambar 4.31 di bawah ini terlihat bahwa selama Periode 7, dengan rata-rata titik pantau untuk setiap waktu pemantauan berada pada status mutu air “Tercemar Ringan” sedangkan beberapa titik pantau berada pada status mutu air “Status Baik” dan “Tercemar Sedang”. Pada Periode 7 ini nilai indeks pencemaran untuk beberapa titik pantau di Cangkir Tambangan pada waktu pantau 15 Agustus 2011, Bambe Tengah untuk waktu pantau 14 September 2011, Karangpilang untuk waktu pantau 15 Agustus 2011, Jembatan Sepanjang untuk waktu pantau 14 September 2011, Bendungan Gunungsari untuk waktu pantau 5 Juli 2011 dan 10 Agustus 2011 serta 14 September 2011, Ngagel/Jagir untuk waktu pantau 18 Juli 2011 dan 15 Agustus 2011 serta 16 September 2011 berada pada status mutu air “Status Baik”. Untuk titik pantau Muara Kali Tengah dengan waktu pantau 16 September 2011 berada pada status mutu air “Tercemar Sedang”, dan selebihnya untuk titik pantau yang lain berada pada status mutu air “Tercemar Ringan” dengan level indeks pencemaran 1,1751 mg/l hingga 4,3668 mg/l, yang mengartikan bahwa status mutu air pada Periode 7 sebagian besar berada pada status “Tercemar Ringan”. Untuk evaluasi status mutu air secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran D**.



Gambar 4.31 Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 7 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)

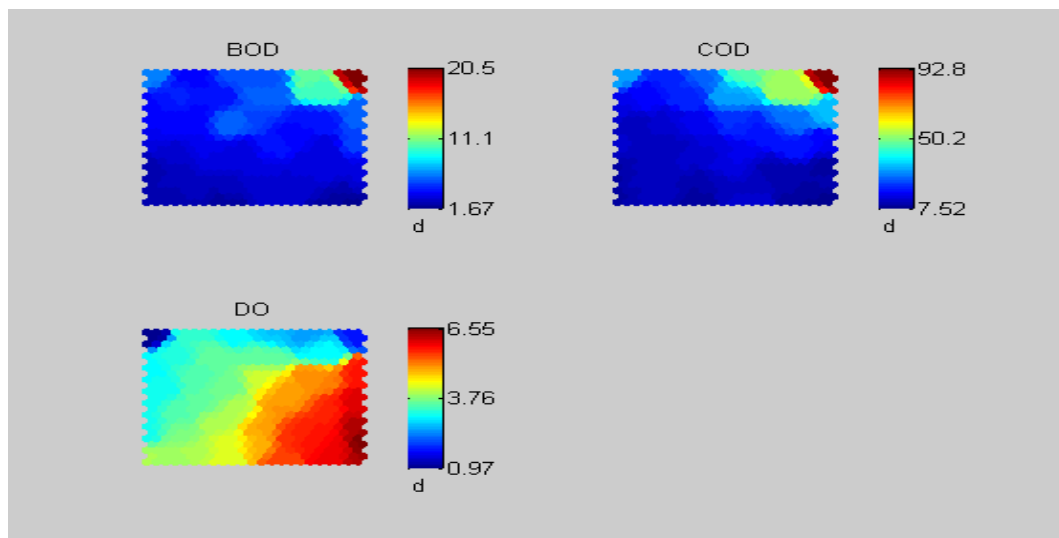
Periode 8 (Oktober-Desember 2011)

Sebaran data untuk parameter BOD, COD dan DO pada Periode 8 dapat disajikan pada gambar berikut ini



Gambar 4.32 Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 8 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Sebaran konsentrasi kualitas air pada Periode 8 disajikan dalam gambar berikut.



Gambar 4.33 Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 8 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Dari Gambar 4.33 di atas, dapat dilihat karakteristik kandungan konsentrasi parameter kualitas air untuk periode pantau Oktober-Desember 2011 adalah sebagai berikut

Tabel 4.35 Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 8

BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
1,67	20,5	7,52	92,8	0,97	6,55

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015

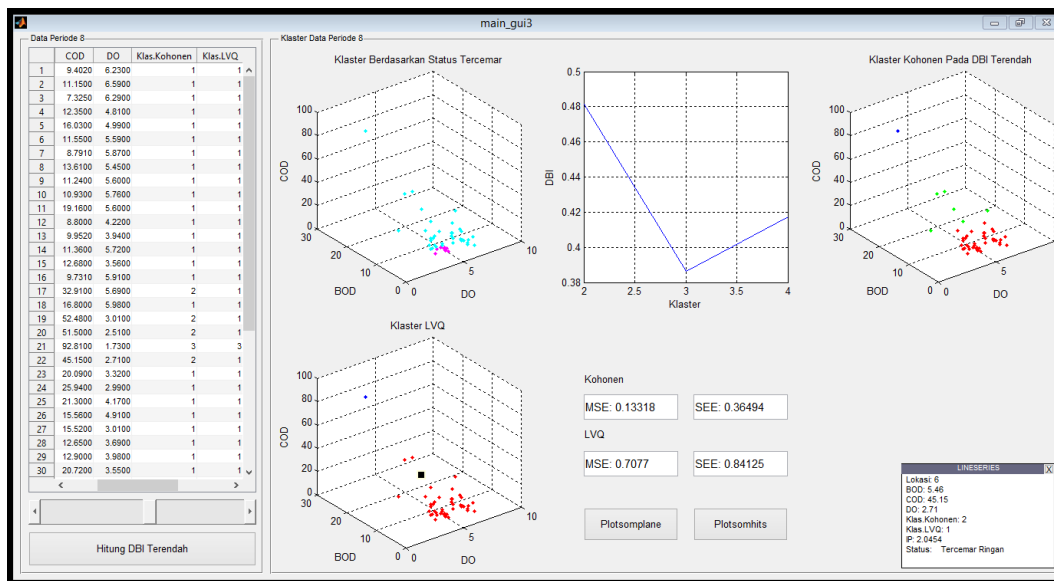
Validasi *cluster* DBI diterapkan pada jaringan Kohonen-SOM setelah terbentuknya kelompok berdasarkan status mutu air. Untuk nilai validasi *cluster* DBI disajikan pada Tabel 4.36.

Tabel 4.36 Nilai Validasi *Cluster* Periode 8

No.	Jumlah <i>Cluster</i>	DBI
1	2	0,48154
2	3	0,38642
3	4	0,41711

Sumber : Hasil Perhitungan DBI, 2015

Berikut akan disajikan tampilan dari hasil *running* untuk jaringan LVQ melalui Kohonen-SOM dengan validasi *cluster* menggunakan DBI. Pada gambar di bawah, terlihat hasil pengelompokan titik pantau dengan waktu pantau bulan Oktober, Nopember dan Desember 2011 berada pada status mutu air “Status Baik” dan “Tercemar Ringan”. Kondisi status mutu air “Status Baik” pada periode ini yaitu untuk titik pantau Jembatan Irebeng, Karangpilang, Jembatan Sepanjang, Bendungan Gunungsari dan Ngagel/Jagir.



Gambar 4.34 Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 8 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)

Anggota *cluster* yang dihasilkan pada jaringan LVQ sesuai dengan anggota *cluster* yang dihasilkan oleh jaringan Kohonen-SOM, terdapat anggota kelompok yang berpindah *cluster*. Hasil pengujian menggunakan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dapat dilihat pada Tabel 4.37.

Tabel 4.37 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 8

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ					Status Mutu Air
	Learning Rate (α)						
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001		
	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 898	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000		
1	1	1	1	1	1	TR	

Tabel 4.37 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 8 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 898	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
2	1	1	1	1	1	TR
3	1	1	1	1	1	TR
4	1	1	1	1	1	TR
5	1	1	1	1	1	TR
6	1	1	1	1	1	TR
7	1	1	1	1	1	TR
8	1	1	1	1	1	TR
9	1	1	1	1	1	TR
10	1	1	1	1	1	TR
11	1	1	1	1	1	TR
12	1	1	1	1	1	SB
13	1	1	1	1	1	SB
14	1	1	1	1	1	TR
15	1	1	1	1	1	TR
16	1	1	1	1	1	TR
17	2	1	1	1	1	TR
18	1	1	1	1	1	TR
19	2	1	1	2	2	TR
20	2	1	1	2	2	TR
21	3	3	2	2	2	TR
22	2	1	1	1	1	TR
23	1	1	1	1	1	TR
24	1	1	1	1	1	TR
25	1	1	1	1	1	TR
26	1	1	1	1	1	TR
27	1	1	1	1	1	TR
28	1	1	1	1	1	SB
29	1	1	1	1	1	TR
30	1	1	1	1	1	TR

Tabel 4.37 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 8 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 898	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
31	1	1	1	1	1	SB
32	2	1	1	1	1	TR
33	1	1	1	1	1	TR
34	1	1	1	1	1	SB
35	1	1	1	1	1	TR
36	1	1	1	1	1	TR
37	1	1	1	1	1	SB
38	1	1	1	1	1	SB
39	1	1	1	1	1	TR
40	2	1	1	1	1	TR
41	1	1	1	1	1	TR
42	1	1	1	1	1	TR
43	1	1	1	1	1	TR
44	1	1	1	1	1	SB
45	1	1	1	1	1	TR
46	1	1	1	1	1	TR

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Keterangan Simbol

SB = Status Baik

TR = Tercemar Ringan

TS = Tercemar Sedang

TB = Tercemar Berat

Berdasarkan Tabel 4.37 tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma Kohonen-SOM dan LVQ pada 46 data uji, beberapa untuk data uji pelatihan belum sesuai dengan kelas label.

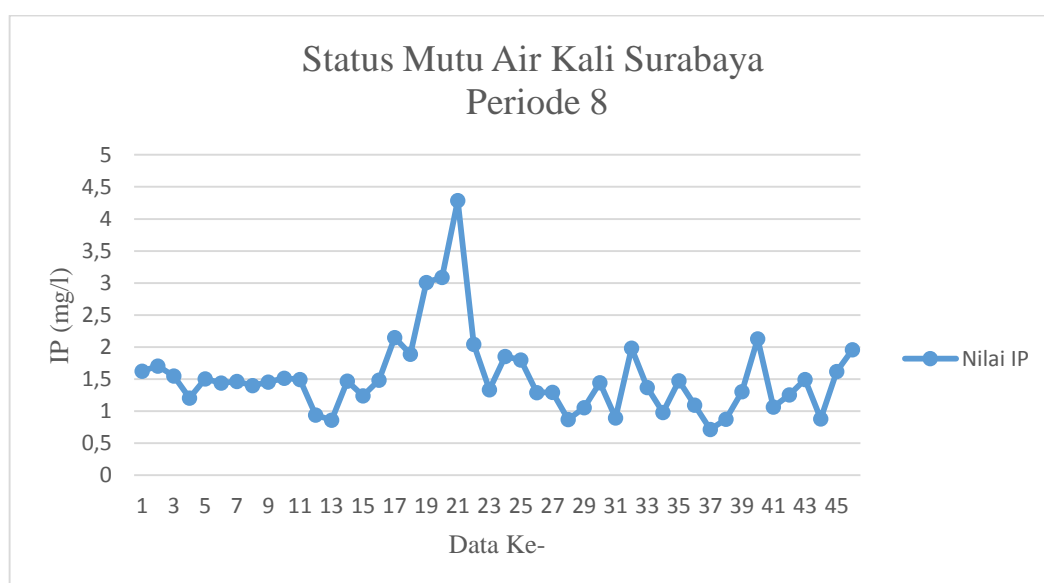
Pengujian selanjutnya yang dilakukan pada metode jaringan syaraf tiruan LVQ yang sangat dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan adalah *learning rate* (α) dapat dilihat pada Tabel 4.38.

Tabel 4.38 Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 8

<i>Learning Rate</i> (α)	Jaringan			
	Kohonen-SOM		LVQ	
	MSE	SEE	MSE	SEE
0,001	0,13318	0,36494	0,7077	0,84125
0.0001	0,093615	0,30597	0,0041641	0,06453
0,00001	0,092306	0,30382	0,0033299	0,057705
0,000001	0,092942	0,30486	0,00015446	0,012428

Sumber : Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Berikut akan disajikan tren nilai dari indeks pencemaran selama Periode 8 (Oktober-Desember 2011) untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau. Dari Gambar 4.35 di bawah ini terlihat bahwa selama Periode 8, dengan rata-rata titik



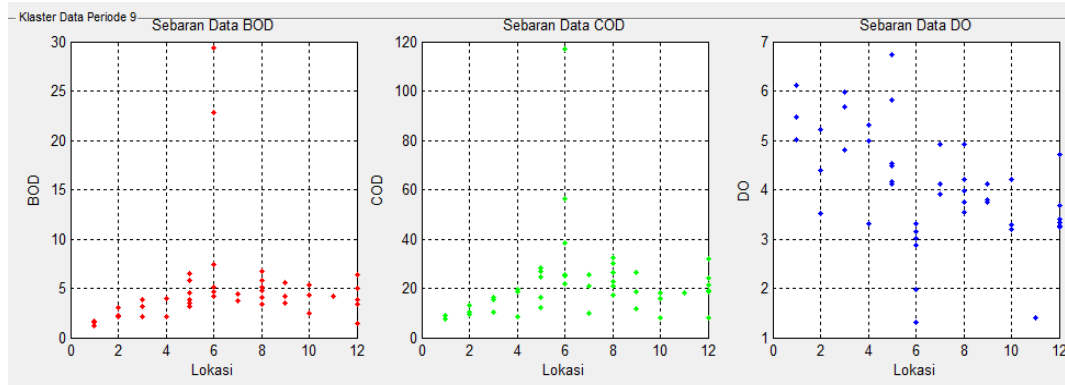
Gambar 4.35 Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 8 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)

pantau untuk setiap waktu pemantauan berada pada status mutu air “Tercemar Ringan” sedangkan beberapa titik pantau berada pada status mutu air “Status Baik”. Rata-rata nilai indeks pencemaran di Kali Surabaya pada bulan Oktober hingga Desember 2011 berada pada level 1,0531 mg/l hingga 4,2871 mg/l, yang mengartikan bahwa status mutu air pada Periode 8 sebagian besar berada pada

status “Tercemar Ringan”. Untuk evaluasi status mutu air secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran D**.

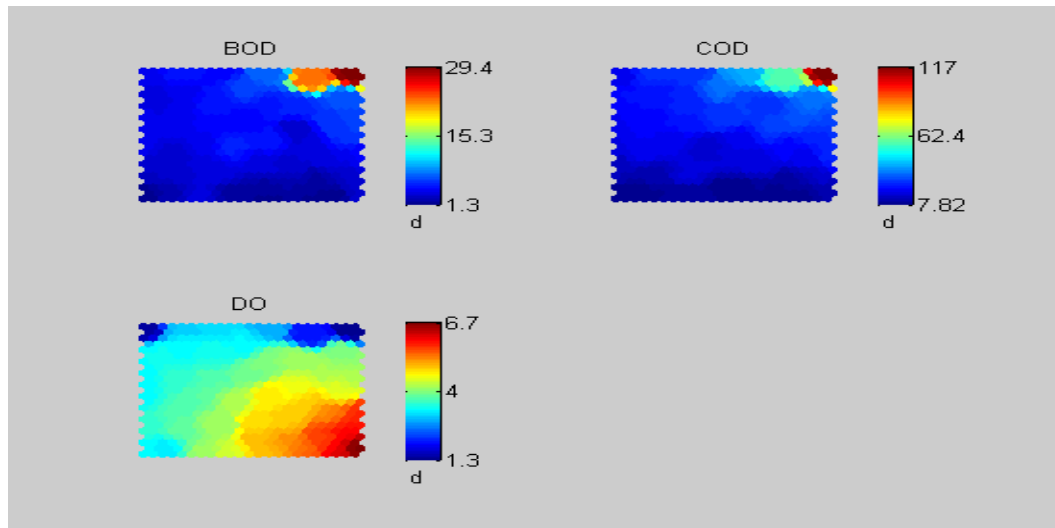
Periode 9 (Januari-Maret 2012)

Sebaran data untuk parameter BOD, COD dan DO pada Periode 9 dapat disajikan pada gambar berikut ini



Gambar 4.36 Sebaran Data Awal terhadap Lokasi titik Pantau Periode 9 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Sebaran konsentrasi kualitas air pada Periode 9 disajikan dalam gambar berikut



Gambar 4.37 Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 9 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

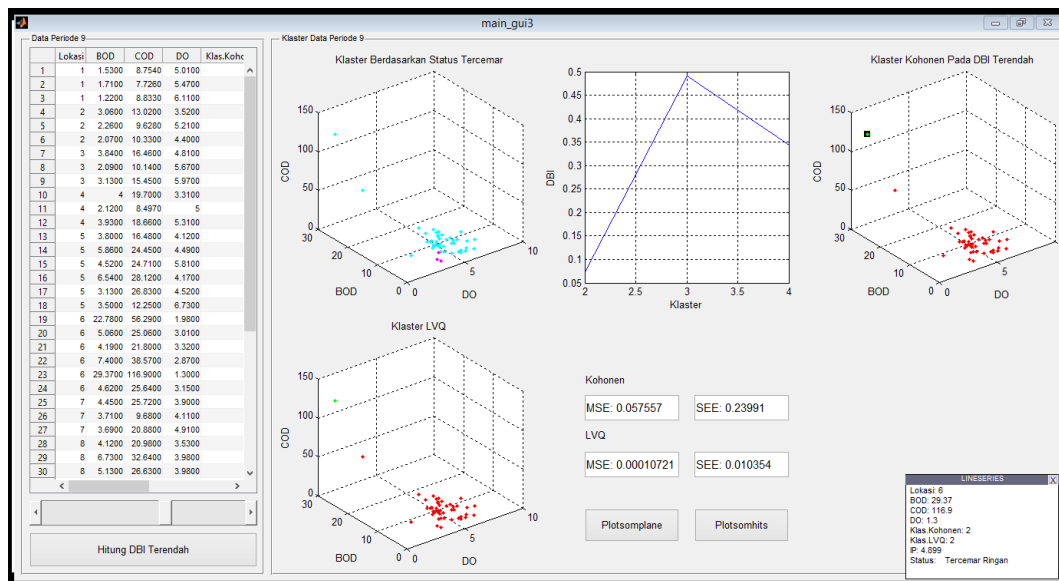
Dari Gambar 4.37 di atas, dapat dilihat karakteristik kandungan konsentrasi parameter kualitas air untuk periode pantau Januari-Maret 2012 adalah sebagai berikut

Tabel 4.39 Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 9

BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
1,3	29,4	7,82	117	1,3	6,7

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015

Berikut akan disajikan tampilan dari hasil *running* untuk jaringan LVQ melalui Kohonen-SOM dengan validasi *cluster* menggunakan DBI. Pada gambar di bawah, terlihat hasil pengelompokan titik pantau dengan waktu pantau bulan Januari, Februari dan Maret 2012 berada pada status mutu air “Status Baik” dan “Tercemar Ringan”. Kondisi status mutu air “Status Baik” pada periode ini yaitu untuk titik pantau Jembatan Jetis, Bendungan Gunungsari dan Ngagel/Jagir.



Gambar 4.38 Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 9 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)

Validasi *cluster* DBI diterapkan pada jaringan Kohonen-SOM setelah terbentuknya kelompok berdasarkan status mutu air. Untuk nilai validasi *cluster* DBI disajikan pada Tabel 4.40.

Tabel 4.40 Nilai Validasi *Cluster* Periode 9

No.	Jumlah <i>Cluster</i>	DBI
1	2	0,073566
2	3	0,49177
3	4	0,34361

Sumber : Hasil Perhitungan DBI, 2015

Anggota *cluster* yang dihasilkan pada jaringan LVQ sesuai dengan anggota *cluster* yang dihasilkan oleh jaringan Kohonen-SOM, anggota kelompok sesuai dengan target *cluster* berdasarkan data label dari Kohonen-SOM. Hasil pengujian menggunakan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dapat dilihat pada Tabel 4.41.

Tabel 4.41 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 9

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 3	Berhenti pada Iterasi ke = 3	Berhenti pada Iterasi ke = 3	Berhenti pada Iterasi ke = 3	Berhenti pada Iterasi ke = 6	
1	1	1	1	1	1	TR
2	1	1	1	1	1	TR
3	1	1	1	1	1	TR
4	1	1	1	1	1	SB
5	1	1	1	1	1	TR
6	1	1	1	1	1	TR
7	1	1	1	1	1	TR
8	1	1	1	1	1	TR
9	1	1	1	1	1	TR
10	1	1	1	1	1	TR
11	1	1	1	1	1	TR
12	1	1	1	1	1	TR
13	1	1	1	1	1	TR
14	1	1	1	1	1	TR
15	1	1	1	1	1	TR

Tabel 4.41 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 9 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 3	Berhenti pada Iterasi ke = 3	Berhenti pada Iterasi ke = 3	Berhenti pada Iterasi ke = 3	Berhenti pada Iterasi ke = 6	
16	1	1	1	1	1	TR
17	1	1	1	1	1	TR
18	1	1	1	1	1	TR
19	1	1	1	1	1	TR
20	1	1	1	1	1	TR
21	1	1	1	1	1	TR
22	1	1	1	1	1	TR
23	2	2	2	2	2	TR
24	1	1	1	1	1	TR
25	1	1	1	1	1	TR
26	1	1	1	1	1	TR
27	1	1	1	1	1	TR
28	1	1	1	1	1	TR
29	1	1	1	1	1	TR
30	1	1	1	1	1	TR
31	1	1	1	1	1	TR
32	1	1	1	1	1	TR
33	1	1	1	1	1	TR
34	1	1	1	1	1	TR
35	1	1	1	1	1	TR
36	1	1	1	1	1	TR
37	1	1	1	1	1	TR
38	1	1	1	1	1	SB
39	1	1	1	1	1	TR
40	1	1	1	1	1	TR
41	1	1	1	1	1	TR
42	1	1	1	1	1	TR
43	1	1	1	1	1	TR
44	1	1	1	1	1	TR

Tabel 4.41 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 9 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 3	Berhenti pada Iterasi ke = 3	Berhenti pada Iterasi ke = 3	Berhenti pada Iterasi ke = 3	Berhenti pada Iterasi ke = 6	
45	1	1	1	1	1	TR
46	1	1	1	1	1	SB

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Keterangan Simbol

SB = Status Baik

TS = Tercemar Sedang

TR = Tercemar Ringan

TB = Tercemar Berat

Berdasarkan Tabel 4.41 tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma Kohonen-SOM dan LVQ pada 46 data uji, secara keseluruhan data uji pelatihan sesuai dengan kelas label yang ingin dicapai sesuai target.

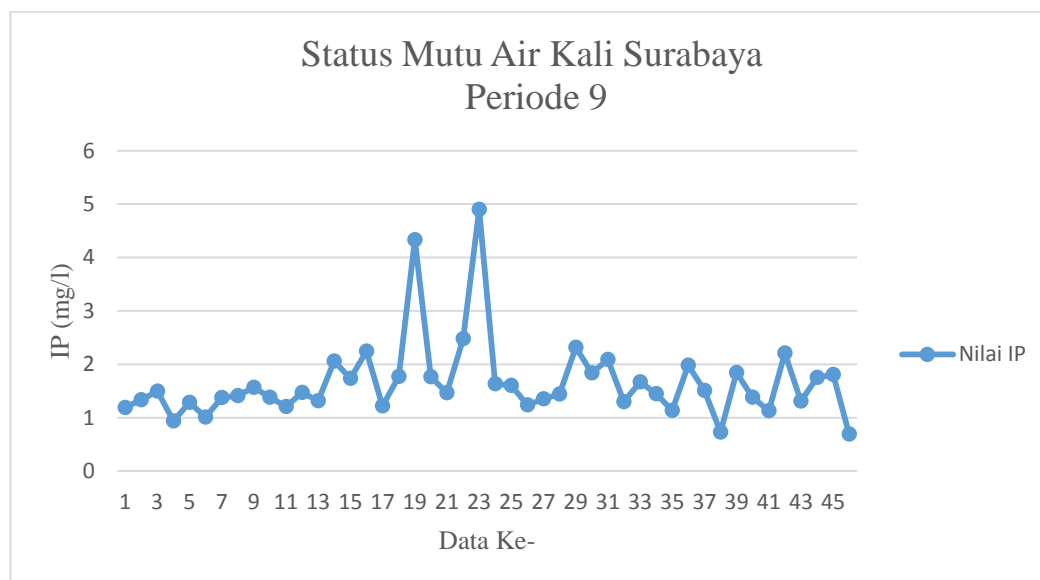
Pengujian selanjutnya yang dilakukan adalah berdasarkan jumlah data latih yang digunakan pada metode jaringan syaraf tiruan LVQ yang sangat dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan adalah *learning rate* (α) dapat dilihat pada Tabel 4.42.

Tabel 4.44 Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 9

<i>Learning Rate</i> (α)	Jaringan			
	Kohonen-SOM		LVQ	
	MSE	SEE	MSE	SEE
0,001	0,057557	0,23991	0,00010721	0,010354
0,0001	0,057328	0,23943	1,1382e-06	0,0010669
0,00001	0,057755	0,24032	1,0642e-08	0,00010316
0,000001	0,0571	0,23896	4,7669e-10	2,1833e-05

Sumber : Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Berikut akan disajikan tren nilai dari indeks pencemaran selama Periode 9 (Januari-Maret 2012) untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau. Dari Gambar 4.39 di bawah ini terlihat bahwa selama Periode 9, dengan rata-rata titik

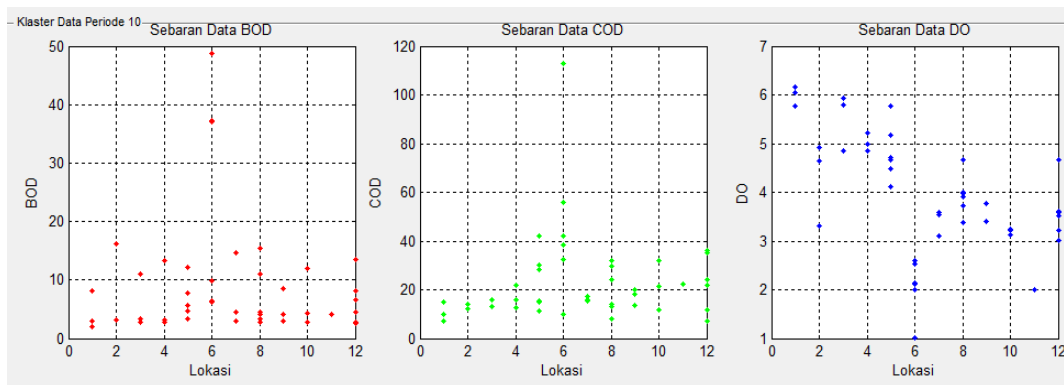


Gambar 4.39 Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 9 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)

pantau untuk setiap waktu pemantauan berada pada status mutu air “Tercemar Ringan” sedangkan beberapa titik pantau berada pada status mutu air “Status Baik”. Rata-rata nilai indeks pencemaran di Kali Surabaya pada bulan Januari hingga Maret 2012 berada pada level 1,0124 mg/l hingga 4,899 mg/l, yang mengartikan bahwa status mutu air pada Periode 9 sebagian besar berada pada status “Tercemar Ringan”. Untuk evaluasi status mutu air secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran D**.

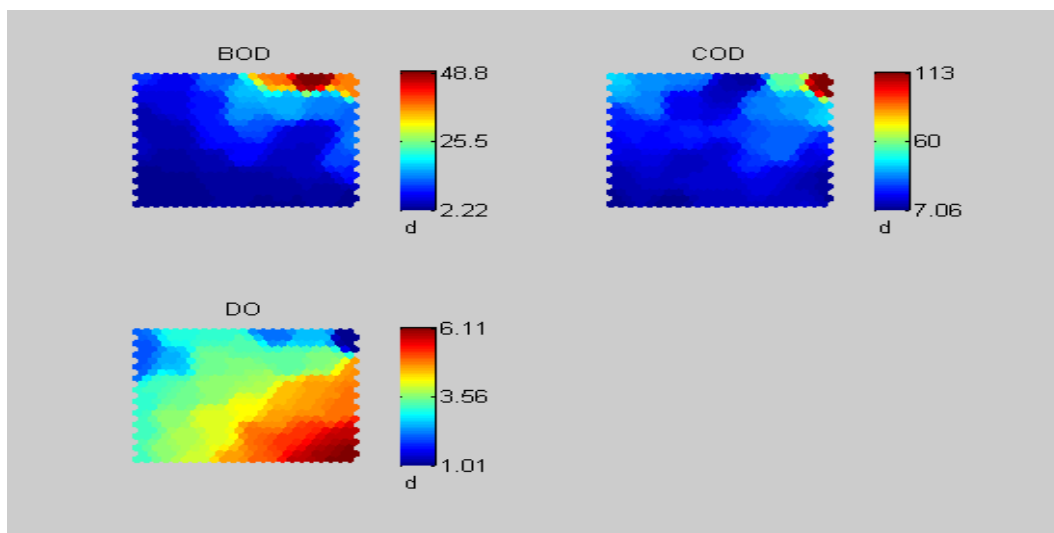
Periode 10 (April-Juni 2012)

Sebaran data untuk parameter BOD, COD dan DO pada Periode 10 dapat disajikan pada gambar berikut ini.



Gambar 4.40 Sebaran Data Awal terhadap Lokasi titik Pantau Periode 10 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Sebaran konsentrasi kualitas air pada Periode 10 disajikan dalam gambar berikut



Gambar 4.41 Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 10 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

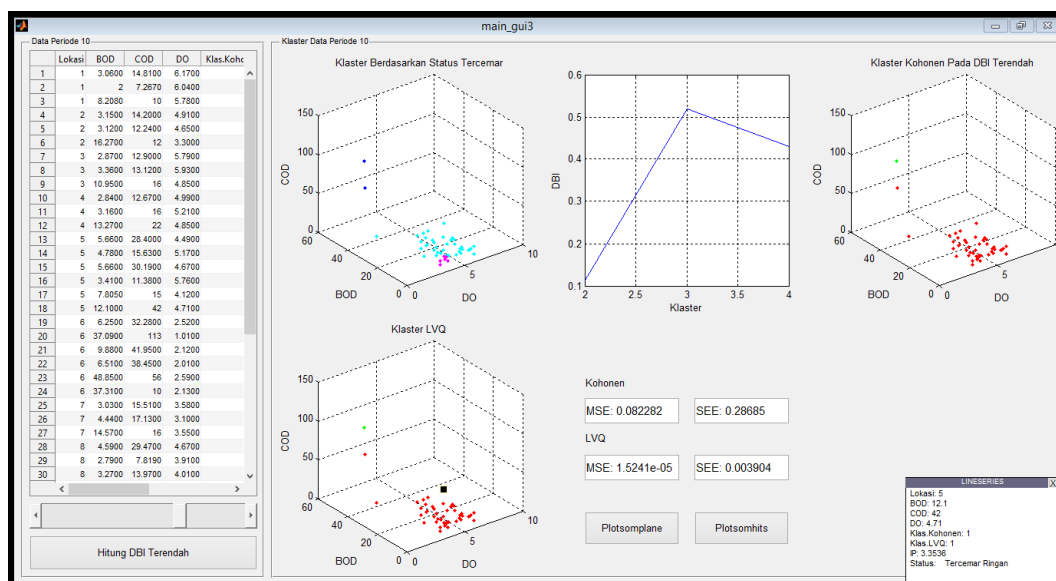
Dari Gambar 4.41 di atas, dapat dilihat karakteristik kandungan konsentrasi parameter kualitas air untuk periode pantau April-Juni 2012 adalah sebagai berikut

Tabel 4.43 Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 10

BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
2,22	48,8	7,06	113	1,01	6,11

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015

Berikut akan disajikan tampilan dari hasil *running* untuk jaringan LVQ melalui Kohonen-SOM dengan validasi *cluster* menggunakan DBI. Pada gambar di bawah, terlihat hasil pengelompokan titik pantau dengan waktu pantau bulan April, Mei dan Juni 2012 berada pada status mutu air “Status Baik”, “Tercemar Ringan” bahkan kondisi status mutu air “Tercemar Sedang”. Titik pantau yang memiliki status mutu air “Status Baik” diantaranya Bambe Tengah, Karangpilang, Jembatan Sepanjang, Bendungan Gunungsari dan Ngagel.Jagir. sedangkan untuk titik pantau yang berstatus “Tercemar Sedang” antara lain adalah Muara kali Tengah.



Gambar 4.42 Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 10 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)

Validasi *cluster* DBI diterapkan pada jaringan Kohonen-SOM setelah terbentuknya kelompok berdasarkan status mutu air. Untuk nilai validasi *cluster* DBI disajikan pada Tabel 4.44.

Tabel 4.44 Nilai Validasi *Cluster* Periode 10

No.	Jumlah Cluster	DBI
1	2	0,11344
2	3	0,51915
3	4	0,42942

Sumber : Hasil Perhitungan DBI, 2015

Anggota *cluster* yang dihasilkan pada jaringan LVQ sesuai dengan anggota *cluster* yang dihasilkan oleh jaringan Kohonen-SOM, anggota kelompok sudah sesuai dengan data label pada hasil jaringan Kohonen-SOM. Hasil pengujian menggunakan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dapat dilihat pada Tabel 4.45.

Tabel 4.45 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 10

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	<i>Learning Rate (α)</i>					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 1	Berhenti pada Iterasi ke = 1	Berhenti pada Iterasi ke = 4	Berhenti pada Iterasi ke = 4	Berhenti pada Iterasi ke = 5	
1	1	1	1	1	1	TR
2	1	1	1	1	1	TR
3	1	1	1	1	1	TR
4	1	1	1	1	1	TR
5	1	1	1	1	1	TR
6	1	1	1	1	1	TR
7	1	1	1	1	1	TR
8	1	1	1	1	1	TR
9	1	1	1	1	1	TR
10	1	1	1	1	1	TR
11	1	1	1	1	1	TR
12	1	1	1	1	1	TR
13	1	1	1	1	1	TR
14	1	1	1	1	1	TR
15	1	1	1	1	1	TR
16	1	1	1	1	1	TR
17	1	1	1	1	1	TR
18	1	1	1	1	1	TR
19	1	1	1	1	1	TR
20	2	2	2	2	2	TS
21	1	1	1	1	1	TR
22	1	1	1	1	1	TR
23	1	1	1	1	1	TR
24	1	1	1	1	1	TR
25	1	1	1	1	1	SB

Tabel 4.45 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 10 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 1	Berhenti pada Iterasi ke = 1	Berhenti pada Iterasi ke = 4	Berhenti pada Iterasi ke= 4	Berhenti pada Iterasi ke = 5	
26	1	1	1	1	1	TR
27	1	1	1	1	1	TR
28	1	1	1	1	1	TR
29	1	1	1	1	1	SB
30	1	1	1	1	1	TR
31	1	1	1	1	1	TR
32	1	1	1	1	1	TR
33	1	1	1	1	1	TR
34	1	1	1	1	1	SB
35	1	1	1	1	1	TR
36	1	1	1	1	1	TR
37	1	1	1	1	1	SB
38	1	1	1	1	1	TR
39	1	1	1	1	1	TR
40	1	1	1	1	1	TR
41	1	1	1	1	1	TR
42	1	1	1	1	1	SB
43	1	1	1	1	1	TR
44	1	1	1	1	1	SB
45	1	1	1	1	1	TR
46	1	1	1	1	1	TR

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Keterangan Simbol

SB = Status Baik

TR = Tercemar Ringan

TS = Tercemar Sedang

TB = Tercemar Berat

Berdasarkan Tabel 4.45 tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma Kohonen-SOM dan LVQ pada 46 data uji, secara keseluruhan data uji pelatihan sesuai dengan kelas label yang ingin dicapai sesuai target.

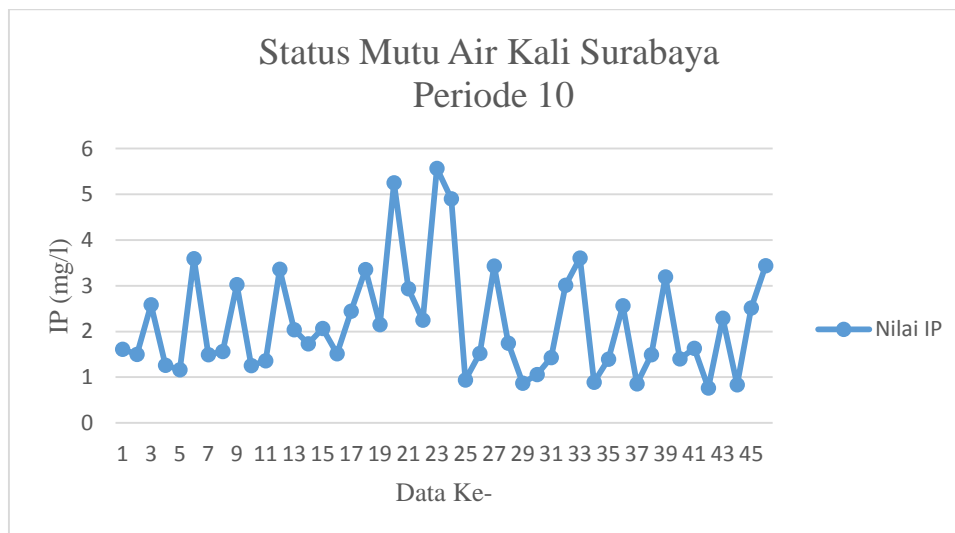
Pengujian selanjutnya yang dilakukan pada metode jaringan syaraf tiruan LVQ yang sangat dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan adalah *learning rate* (α) dapat dilihat pada Tabel 4.46.

Tabel 4.46 Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 10

<i>Learning Rate</i> (α)	Jaringan			
	Kohonen-SOM		LVQ	
	MSE	SEE	MSE	SEE
0,001	0,082282	0,28685	1,5241e-05	0,003904
0,0001	0,082341	0,28695	3,1094e-06	0,0017633
0,00001	0,08329	0,2886	1,9901e-08	0,00014107
0,000001	0,082822	0,28779	5,1487e-10	2,2691e-05

Sumber : Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Berikut akan disajikan tren nilai dari indeks pencemaran selama Periode 10 (April-Juni 2012) untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau. Dari Gambar 4.43 di bawah ini terlihat bahwa selama Periode 10, dengan rata-rata titik



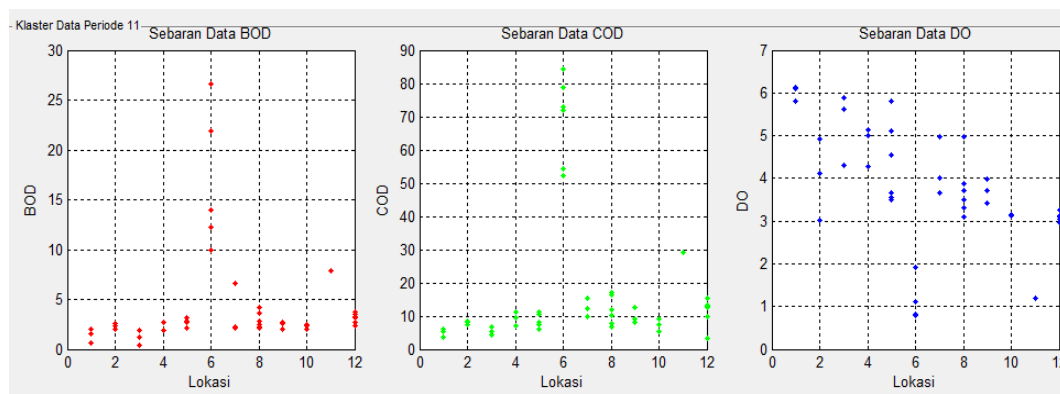
Gambar 4.43 Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 10 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)

pantau untuk setiap waktu pemantauan berada pada status mutu air “Tercemar Ringan” sedangkan beberapa titik pantau berada pada status mutu air “Status Baik” dan “Tercemar Sedang” di dua waktu pantau. Rata-rata nilai indeks pencemaran di

Kali Surabaya pada bulan April hingga Juni 2012 berada pada level 1,0608 mg/l hingga 4,899 mg/l, yang mengartikan bahwa status mutu air pada Periode 10 sebagian besar berada pada status “Tercemar Ringan”. Untuk evaluasi status mutu air secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran D**.

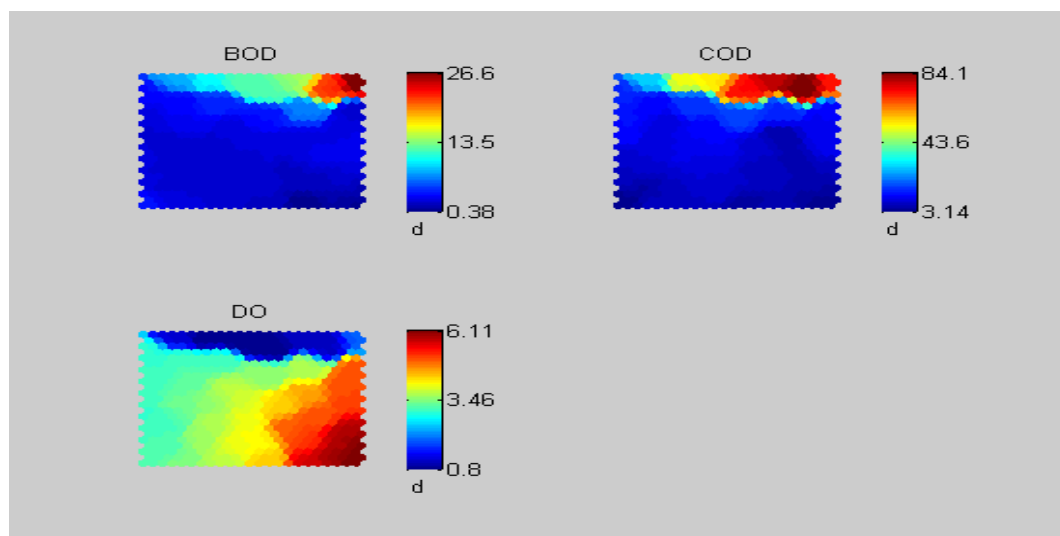
Periode 11 (Juli-September 2012)

Sebaran data untuk parameter BOD, COD dan DO pada Periode 11 dapat disajikan pada gambar berikut ini



Gambar 4.44 Sebaran Data Awal terhadap Lokasi titik Pantau Periode 11 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Sebaran konsentrasi kualitas air pada Periode 11 disajikan dalam gambar berikut



Gambar 4.45 Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 11 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

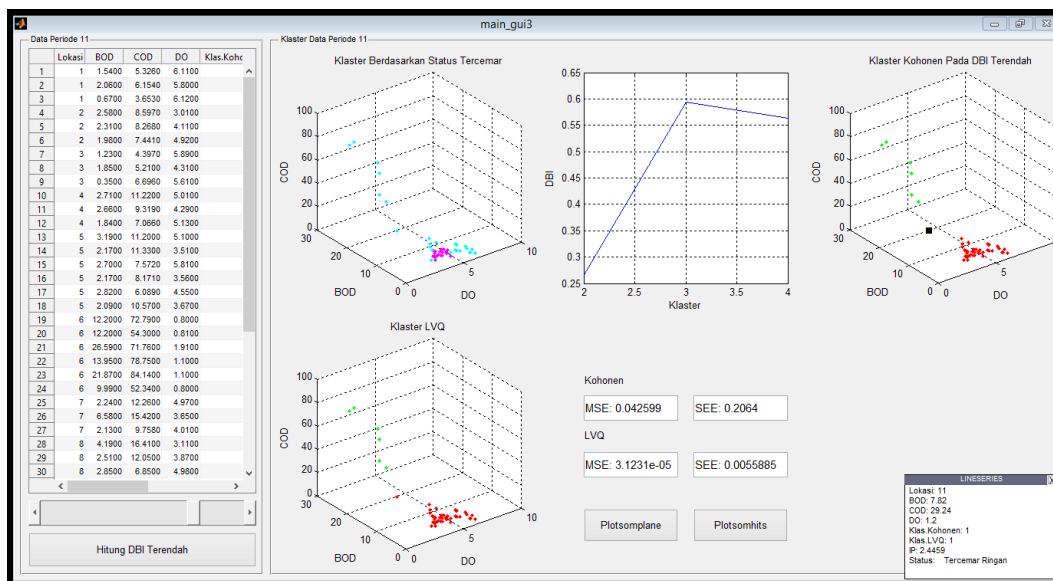
Dari Gambar 4.45 di atas, dapat dilihat karakteristik kandungan konsentrasi parameter kualitas air untuk periode pantau Juli-September 2012 adalah sebagai berikut

Tabel 4.47 Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 11

BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
0,38	26,6	3,14	84,1	0,8	6,11

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015

Berikut akan disajikan tampilan dari hasil *running* untuk jaringan LVQ melalui Kohonen-SOM dengan validasi *cluster* menggunakan DBI. Pada gambar di bawah, terlihat hasil pengelompokan titik pantau dengan waktu pantau bulan Juli, Agustus dan September 2012 berada pada status mutu air “Status Baik” dan “Tercemar Ringan”.



Gambar 4.46 Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 11 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)

Validasi *cluster* DBI diterapkan pada jaringan Kohonen-SOM setelah terbentuknya kelompok berdasarkan status mutu air. Untuk nilai validasi *cluster* DBI disajikan pada Tabel 4.48.

Tabel 4.48 Nilai Validasi *Cluster* Periode 11

No.	Jumlah <i>Cluster</i>	DBI
1	2	0,26674
2	3	0,59406
3	4	0,56343

Sumber : Hasil Perhitungan DBI, 2015

Anggota *cluster* yang dihasilkan pada jaringan LVQ sesuai dengan anggota *cluster* yang dihasilkan oleh jaringan Kohonen-SOM. Hasil pengujian menggunakan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dapat dilihat pada Tabel 4.49.

Tabel 4.49 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 11

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 2	Berhenti pada Iterasi ke = 2	Berhenti pada Iterasi ke = 7	Berhenti pada Iterasi ke = 7	Berhenti pada Iterasi ke = 7	
1	1	1	1	1	1	TR
2	1	1	1	1	1	TR
3	1	1	1	1	1	TR
4	1	1	1	1	1	SB
5	1	1	1	1	1	SB
6	1	1	1	1	1	TR
7	1	1	1	1	1	TR
8	1	1	1	1	1	SB
9	1	1	1	1	1	TR
10	1	1	1	1	1	TR
11	1	1	1	1	1	SB
12	1	1	1	1	1	TR
13	1	1	1	1	1	TR
14	1	1	1	1	1	SB
15	1	1	1	1	1	TR
16	1	1	1	1	1	SB
17	1	1	1	1	1	TR

Tabel 4.49 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 11 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 2	Berhenti pada Iterasi ke = 2	Berhenti pada Iterasi ke = 7	Berhenti pada Iterasi ke = 7	Berhenti pada Iterasi ke = 7	
18	1	1	1	1	1	SB
19	2	2	2	2	2	TR
20	2	2	2	2	2	TR
21	2	2	2	2	2	TR
22	2	2	2	2	2	TR
23	2	2	2	2	2	TR
24	2	2	2	2	2	TR
25	1	1	1	1	1	TR
26	1	1	1	1	1	TR
27	1	1	1	1	1	SB
28	1	1	1	1	1	TR
29	1	1	1	1	1	SB
30	1	1	1	1	1	TR
31	1	1	1	1	1	TR
32	1	1	1	1	1	SB
33	1	1	1	1	1	SB
34	1	1	1	1	1	SB
35	1	1	1	1	1	SB
36	1	1	1	1	1	SB
37	1	1	1	1	1	SB
38	1	1	1	1	1	SB
39	1	1	1	1	1	SB
40	1	1	1	1	1	TR
41	1	1	1	1	1	TR
42	1	1	1	1	1	SB
43	1	1	1	1	1	SB
44	1	1	1	1	1	TR
45	1	1	1	1	1	TR
46	1	1	1	1	1	SB

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Keterangan Simbol

SB = Status Baik

TR = Tercemar Ringan

TS = Tercemar Sedang

TB = Tercemar Berat

Berdasarkan Tabel 4.49 tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma Kohonen-SOM dan LVQ pada 46 data uji, secara keseluruhan data uji pelatihan sesuai dengan kelas label yang ingin dicapai sesuai target.

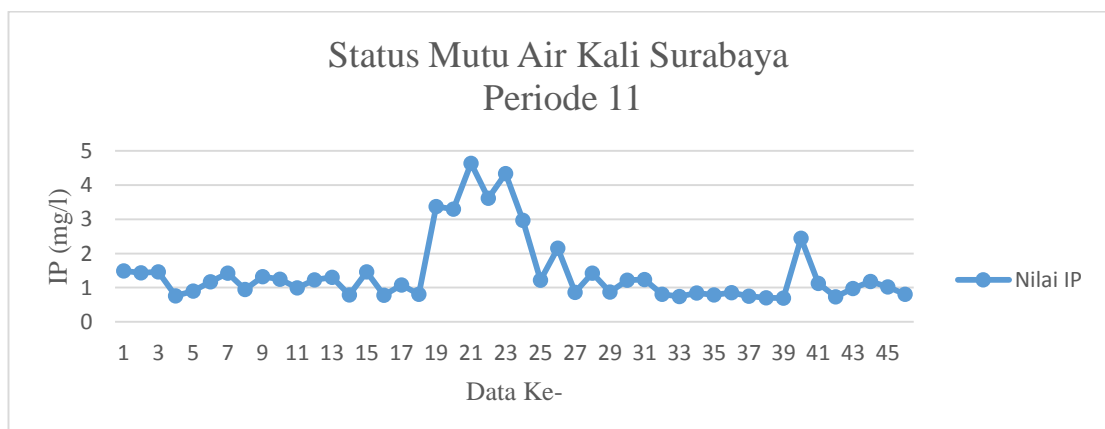
Pengujian selanjutnya yang dilakukan pada metode jaringan syaraf tiruan LVQ yang sangat dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan adalah *learning rate* (α) dapat dilihat pada Tabel 4.50.

Tabel 4.50 Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 11

<i>Learning Rate</i> (α)	Jaringan			
	Kohonen-SOM		LVQ	
	MSE	SEE	MSE	SEE
0,001	0,042599	0,2064	3,1231e-05	0,0055885
0,0001	0,041427	0,20354	1,0515e-07	0,00032427
0,00001	0,046038	0,21457	9,5432e-10	3,0892e-05
0,000001	0.038785	0,19694	1,0721e-11	3,2743e-06

Sumber : Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Berikut akan disajikan tren nilai dari indeks pencemaran selama Periode 11 (Juli-september 2012) untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau. Dari Gambar 4.47 di bawah ini terlihat bahwa selama Periode 11, dengan rata-rata titik

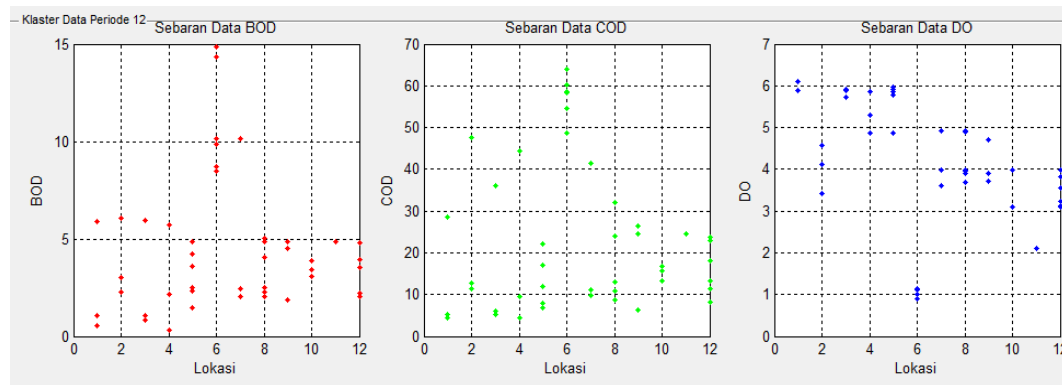


Gambar 4.47 Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 11 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)

pantau untuk setiap waktu pemantauan berada pada status mutu air “Tercemar Ringan” sedangkan beberapa titik pantau berada pada status mutu air “Status Baik” untuk beberapa waktu pantau. Rata-rata nilai indeks pencemaran di Kali Surabaya pada bulan Juli hingga September 2012 berada pada level 1,0255 mg/l hingga 4,6348 mg/l, yang mengartikan bahwa status mutu air pada Periode 11 sebagian besar berada pada status “Tercemar Ringan”. Untuk evaluasi status mutu air secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran D**.

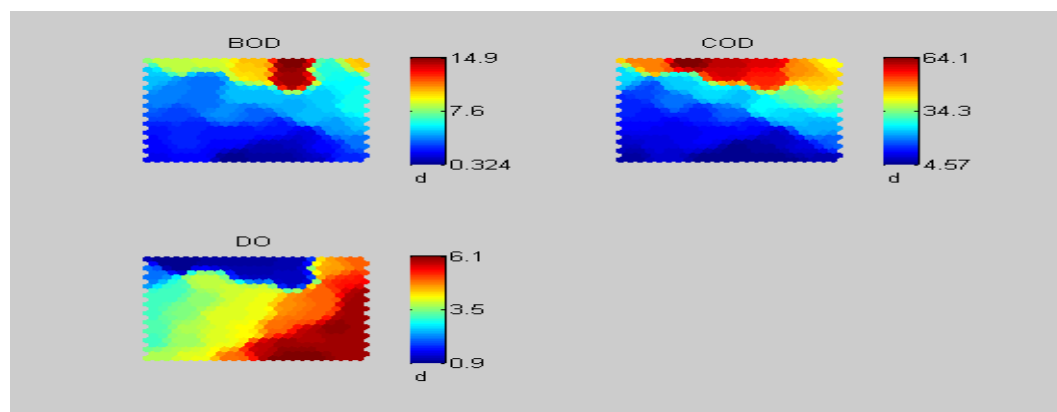
Periode 12 (Oktober-Desember 2012)

Sebaran data untuk parameter BOD, COD dan DO pada Periode 12 dapat disajikan pada gambar berikut ini



Gambar 4.48 Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 12 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Sebaran konsentrasi kualitas air pada Periode 12 disajikan dalam gambar berikut



Gambar 4.49 Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 12 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

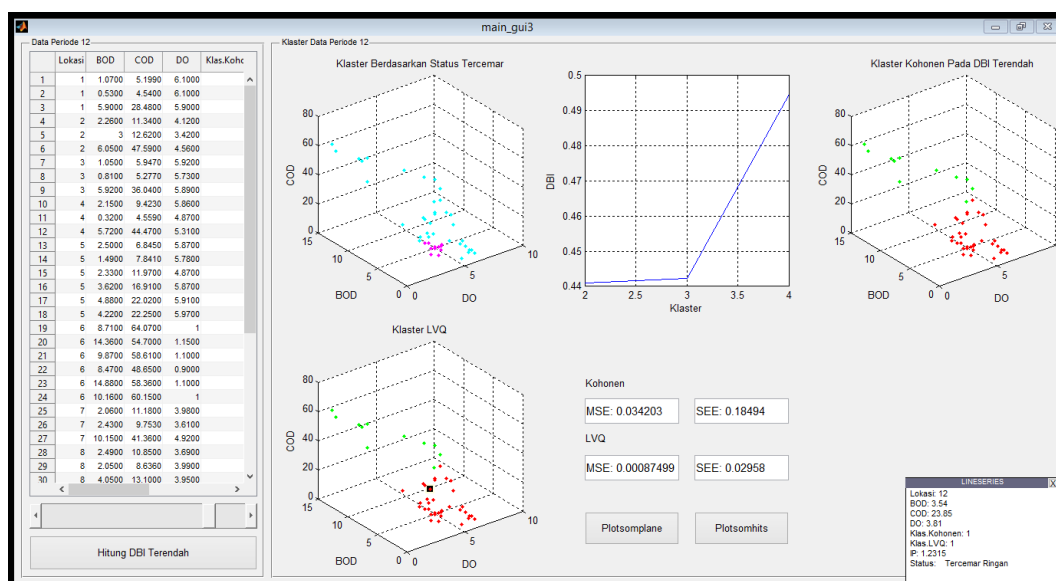
Dari Gambar 4.49 di atas, dapat dilihat karakteristik kandungan konsentrasi parameter kualitas air untuk periode pantau Oktober-Desember 2012 adalah sebagai berikut

Tabel 4.51 Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 12

BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
0,324	14,9	4,57	64,1	0,9	6,1

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015

Berikut akan disajikan tampilan dari hasil *running* untuk jaringan LVQ melalui Kohonen-SOM dengan validasi *cluster* menggunakan DBI. Pada gambar di bawah, terlihat hasil pengelompokan titik pantau dengan waktu pantau bulan Oktober, Nopember dan Desember 2012 berada pada status mutu air “Status Baik” dan “Tercemar Ringan”.



Gambar 4.50 Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 12 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)

Validasi *cluster* DBI diterapkan pada jaringan Kohonen-SOM setelah terbentuknya kelompok berdasarkan status mutu air. Untuk nilai validasi *cluster* DBI disajikan pada Tabel 4.52.

Tabel 4.52 Nilai Validasi *Cluster* Periode 12

No.	Jumlah <i>Cluster</i>	DBI
1	2	0,44099
2	3	0,4423
3	4	0,49467

Sumber : Hasil Perhitungan DBI, 2015

Anggota *cluster* yang dihasilkan pada jaringan LVQ sesuai dengan anggota *cluster* yang dihasilkan oleh jaringan Kohonen-SOM, terdapat anggota kelas yang tidak sesuai dengan data label yang dihasilkan oleh Kohonen-SOM. Hasil pengujian menggunakan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dapat dilihat pada Tabel 4.53.

Tabel 4.53 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 12

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 25	Berhenti pada Iterasi ke = 25	Berhenti pada Iterasi ke = 25	Berhenti pada Iterasi ke = 25	Berhenti pada Iterasi ke = 25	
1	1	1	1	1	1	TR
2	1	1	1	1	1	TR
3	1	1	1	1	1	TR
4	1	1	1	1	1	SB
5	1	1	1	1	1	SB
6	2	2	2	2	2	TR
7	1	1	1	1	1	TR
8	1	1	1	1	1	TR
9	2	2	2	2	2	TR
10	1	1	1	1	1	TR
11	1	1	1	1	1	TR
12	2	2	2	2	2	TR
13	1	1	1	1	1	TR
14	1	1	1	1	1	TR
15	1	1	1	1	1	TR

Tabel 4.53 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 12 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 25	Berhenti pada Iterasi ke = 25	Berhenti pada Iterasi ke = 25	Berhenti pada Iterasi ke = 25	Berhenti pada Iterasi ke = 25	
16	1	1	1	1	1	TR
17	1	1	1	1	1	TR
18	1	1	1	1	1	TR
19	2	2	2	2	2	TR
20	2	2	2	2	2	TR
21	2	2	2	2	2	TR
22	2	2	2	2	2	TR
23	2	2	2	2	2	TR
24	2	2	2	2	2	TR
25	1	1	1	1	1	SB
26	1	1	1	1	1	SB
27	2	2	2	2	2	TR
28	1	1	1	1	1	SB
29	1	1	1	1	1	SB
30	1	1	1	1	1	TR
31	1	1	1	1	1	SB
32	1	1	1	1	1	TR
33	2	2	1	1	1	TR
34	1	1	1	1	1	TR
35	1	1	1	1	1	SB
36	1	1	1	1	1	TR
37	1	1	1	1	1	SB
38	1	1	1	1	1	TR
39	1	1	1	1	1	TR
40	1	1	1	1	1	TR
41	1	1	1	1	1	SB
42	1	1	1	1	1	SB
43	1	1	1	1	1	TR
44	1	1	1	1	1	TR

Tabel 4.53 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 12 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 25	Berhenti pada Iterasi ke = 25	Berhenti pada Iterasi ke = 25	Berhenti pada Iterasi ke = 25	Berhenti pada Iterasi ke = 25	
45	1	1	1	1	1	TR
46	1	1	1	1	1	TR

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Keterangan Simbol

SB = Status Baik

TS = Tercemar Sedang

TR = Tercemar Ringan

TB = Tercemar Berat

Berdasarkan Tabel 4.53 tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma Kohonen-SOM dan LVQ pada 46 data uji, data uji pelatihan untuk parameter *learning rate* 0.0001 tidak sesuai dengan kelas label yang ingin dicapai target.

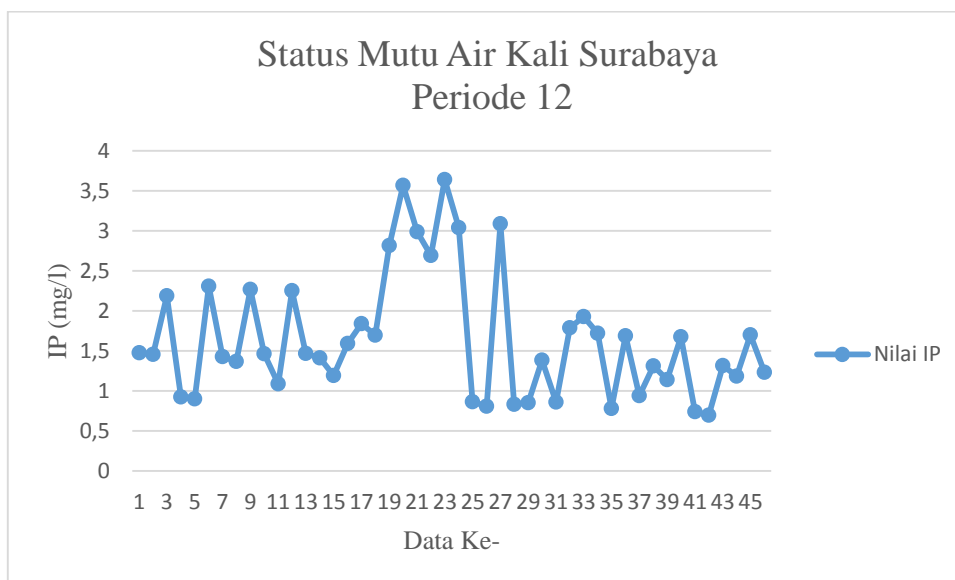
Pengujian selanjutnya yang dilakukan pada metode jaringan syaraf tiruan LVQ yang sangat dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan adalah *learning rate* (α) dapat dilihat pada Tabel 4.54.

Tabel 4.54 Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 12

<i>Learning Rate</i> (α)	Jaringan			
	Kohonen-SOM		LVQ	
	MSE	SEE	MSE	SEE
0,001	0,034203	0,18494	0,00087499	0,02958
0,0001	0,034478	0,18568	3,8607e-08	0,00019649
0,00001	0,032611	0,18058	4,1778e-10	2,044e-05
0,000001	0,034241	0,18504	3,8066e-12	1,9511e-06

Sumber : Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Berikut akan disajikan tren nilai dari indeks pencemaran selama Periode 12 (Oktober-Desember 2012) untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau. Dari Gambar 4.51 di bawah ini terlihat bahwa selama Periode 12, dengan rata-rata

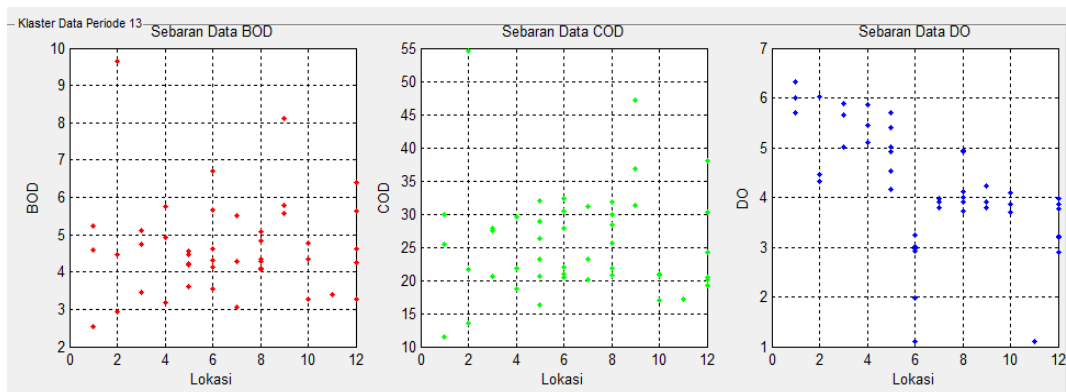


Gambar 4.51 Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 12 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)

titik pantau untuk setiap waktu pemantauan berada pada status mutu air “Tercemar Ringan”. Rata-rata nilai indeks pencemaran di Kali Surabaya pada bulan Oktober hingga Desember 2012 berada pada level 1,1397 mg/l hingga 3,5655 mg/l, yang mengartikan bahwa status mutu air pada Periode 12 sebagian besar berada pada status “Tercemar Ringan” dengan beberapa titik pantau berada pada status mutu air “Status Baik” untuk beberapa waktu pantau. Untuk evaluasi status mutu air secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran D**.

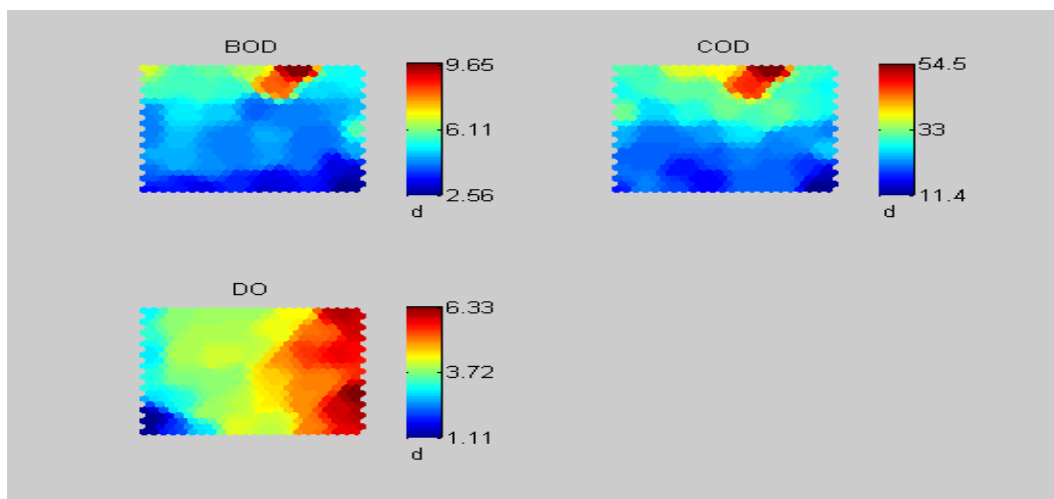
Periode 13 (Januari-Maret 2013)

Sebaran data untuk parameter BOD, COD dan DO pada Periode 13 dapat disajikan pada gambar berikut ini.



Gambar 4.52 Sebaran Data Awal terhadap Lokasi Titik Pantau Periode 13 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Sebaran konsentrasi kualitas air pada Periode 13 disajikan dalam gambar berikut.



Gambar 4.53 Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 13 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

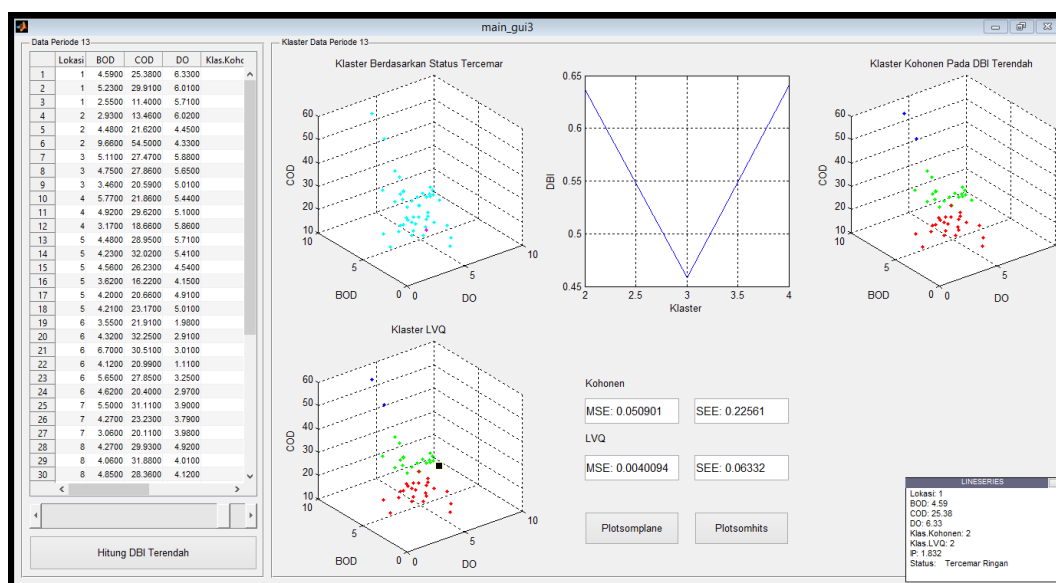
Dari Gambar 4.53 di atas, dapat dilihat karakteristik kandungan konsentrasi parameter kualitas air untuk periode pantau Januari-Maret 2013 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.55 Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 13

BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
2,56	9,65	11,4	54,5	1,11	6,33

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015

Berikut akan disajikan tampilan dari hasil *running* untuk jaringan LVQ melalui Kohonen-SOM dengan validasi *cluster* menggunakan DBI. Pada gambar di bawah, terlihat hasil pengelompokan titik pantau dengan waktu pantau bulan Januari, Februari dan Maret 2013 berada pada status mutu air “Status Baik” dan “Tercemar Ringan”. Hanya ada 1 titik pantau yang berada pada kategori “Status Baik” yaitu Bambe Tengah pada waktu pantau Februari 2013. Untuk selebihnya berada pada kategori “Tercemar Ringan”.



Gambar 4.54 Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 13 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)

Validasi *cluster* DBI diterapkan pada jaringan Kohonen-SOM setelah terbentuknya kelompok berdasarkan status mutu air. Untuk nilai validasi *cluster* DBI disajikan pada Tabel 4.56.

Tabel 4.56 Nilai Validasi *Cluster* Periode 13

No.	Jumlah Cluster	DBI
1	2	0,63672
2	3	0,45871
3	4	0,64079

Sumber : Hasil Perhitungan DBI, 2015

Anggota *cluster* yang dihasilkan pada jaringan LVQ sesuai dengan anggota *cluster* yang dihasilkan oleh jaringan Kohonen-SOM, terdapat beberapa yang berpindah *cluster*. Hasil pengujian menggunakan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dapat dilihat pada Tabel 4.57.

Tabel 4.57 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 13

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 1565	Berhenti pada Iterasi ke = 1565	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
1	2	2	2	1	1	TR
2	2	2	2	2	1	TR
3	1	1	1	1	1	TR
4	1	1	1	1	1	TR
5	1	1	1	1	1	TR
6	3	3	3	3	3	TR
7	2	2	2	1	1	TR
8	2	2	2	1	1	TR
9	1	1	1	1	1	TR
10	1	1	1	1	1	TR
11	2	2	2	2	1	TR
12	1	1	1	1	1	TR
13	2	2	2	2	1	TR
14	2	2	2	2	1	TR
15	2	2	2	1	1	TR
16	1	1	1	1	1	TR
17	1	1	1	1	1	TR
18	1	1	1	1	1	TR
19	1	1	1	1	1	TR
20	2	2	2	2	1	TR
21	2	2	1	2	1	TR
22	1	1	1	1	1	TR
23	2	2	2	1	1	TR
24	1	1	1	1	1	TR
25	2	2	2	2	1	TR

Tabel 4.57 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 13 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 1565	Berhenti pada Iterasi ke = 1565	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
26	1	1	1	1	1	TR
27	1	1	1	1	1	SB
28	2	2	2	2	1	TR
29	2	2	2	2	1	TR
30	2	2	2	2	1	TR
31	1	1	1	1	1	TR
32	1	1	1	1	1	TR
33	2	2	2	1	1	TR
34	2	2	2	2	1	TR
35	2	2	1	3	3	TR
36	3	3	3	3	3	TR
37	1	1	1	1	1	TR
38	1	1	1	1	1	TR
39	1	1	1	1	1	TR
40	1	1	1	1	1	TR
41	2	2	1	3	3	TR
42	2	2	2	2	1	TR
43	1	1	1	1	1	TR
44	1	1	1	1	1	TR
45	1	1	1	1	1	TR
46	1	1	2	1	1	TR

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Keterangan Simbol

SB = Status Baik

TR = Tercemar Ringan

TS = Tercemar Sedang

TB = Tercemar Berat

Berdasarkan Tabel 4.57 tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma Kohonen-SOM dan LVQ pada 46 data uji, data uji pelatihan sesuai dengan kelas label yang ingin dicapai target.

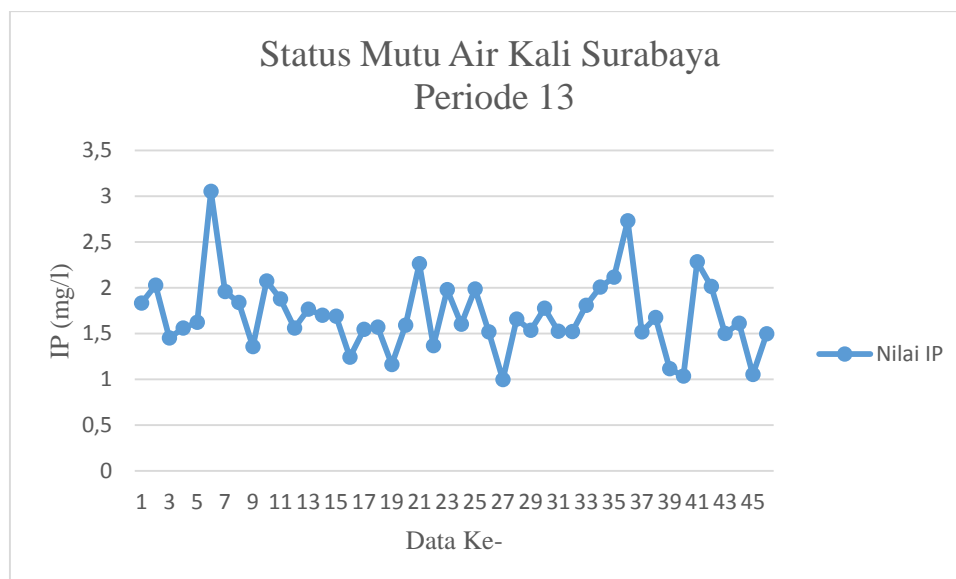
Pengujian selanjutnya yang dilakukan pada metode jaringan syaraf tiruan LVQ yang sangat dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan adalah *learning rate* (α) dapat dilihat pada Tabel 4.58.

Tabel 4.58 Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 13

<i>Learning Rate</i> (α)	Jaringan			
	Kohonen-SOM		LVQ	
	MSE	SEE	MSE	SEE
0,001	0,050901	0,22561	0,0040094	0,06332
0,0001	0,049564	0,22263	0,0033549	0,057921
0,00001	0,049447	0,22237	0,00030275	0,0174
0,000001	0,049156	0,22171	6,1586e-06	0,0024817

Sumber : Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Berikut akan disajikan tren nilai dari indeks pencemaran selama Periode 13 (Januari-Maret 2013) untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau. Dari Gambar 4.55 di bawah ini terlihat bahwa selama Periode 13, dengan rata-rata titik



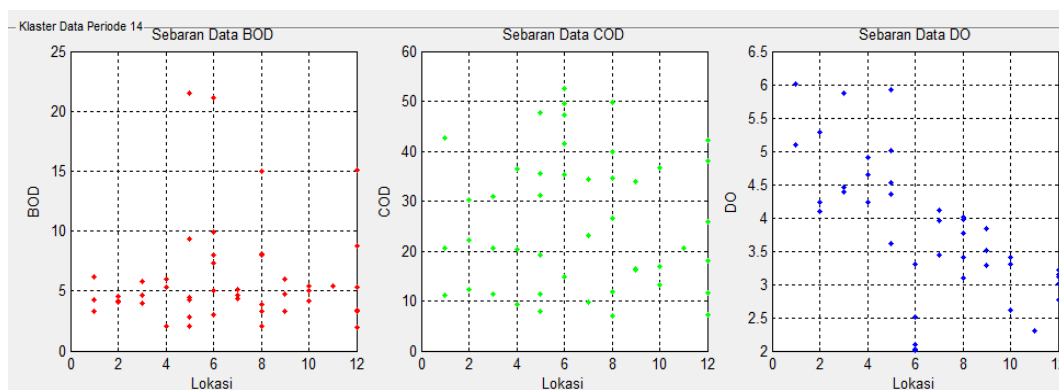
Gambar 4.55 Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 13 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)

pantau untuk setiap waktu pemantauan berada pada status mutu air “Tercemar Ringan”. Rata-rata nilai indeks pencemaran di Kali Surabaya pada bulan Januari hingga Maret 2013 berada pada level 1,0327 mg/l hingga 3,051 mg/l, yang

mengartikan bahwa status mutu air pada Periode 13 sebagian besar berada pada status “Tercemar Ringan”. Untuk evaluasi status mutu air secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran D**.

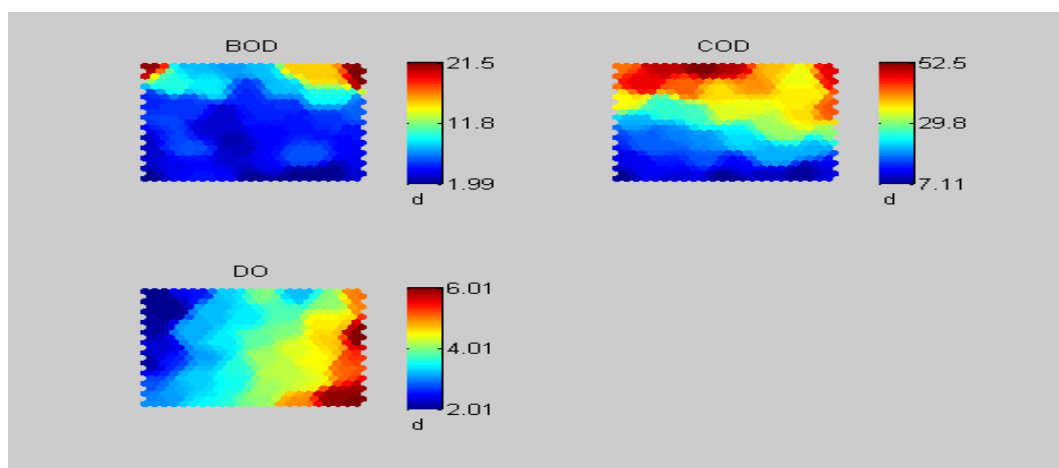
Periode 14 (April-Juni 2013)

Sebaran data untuk parameter BOD, COD dan DO pada Periode 14 dapat disajikan pada gambar berikut ini



Gambar 4.56 Sebaran Data Awal terhadap Lokasi titik Pantau Periode 14 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

Sebaran konsentrasi kualitas air pada Periode 14 disajikan dalam gambar berikut



Gambar 4.57 Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 14 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, 2015)

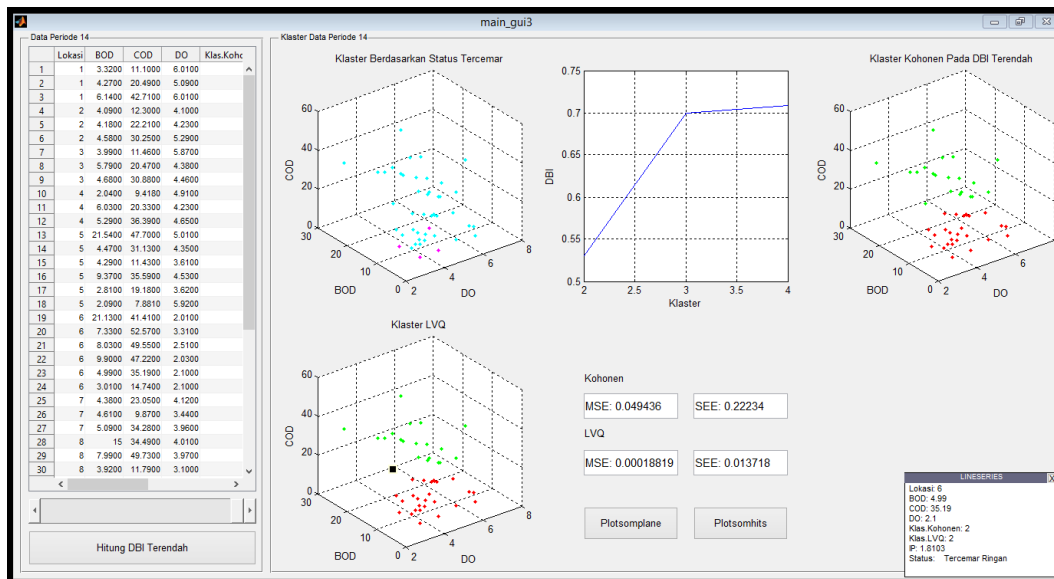
Dari Gambar 4.57 di atas, dapat dilihat karakteristik kandungan konsentrasi parameter kualitas air untuk periode pantau April-Juni 2013 adalah sebagai berikut

Tabel 4.59 Karakteristik Konsentrasi Parameter Kualitas Air Periode 14

BOD (mg/l)		COD (mg/l)		DO (mg/l)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
1,99	21,5	7,11	52,5	2,01	6,01

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM, 2015

Berikut akan disajikan tampilan dari hasil *running* untuk jaringan LVQ melalui Kohonen-SOM dengan validasi *cluster* menggunakan DBI. Pada gambar di bawah, terlihat hasil pengelompokan titik pantau dengan waktu pantau bulan April, Mei dan Juni 2013 berada pada status mutu air “Status Baik” di beberapa titik paantau dan “Tercemar Ringan” di sebagian besar titik pantau.



Gambar 4.58 Tampilan Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ Periode 14 (Sumber: Jaringan Kohonen-SOM, IP dan LVQ, 2015)

Validasi *cluster* DBI diterapkan pada jaringan Kohonen-SOM setelah terbentuknya kelompok berdasarkan status mutu air. Untuk nilai validasi *cluster* DBI disajikan pada Tabel 4.60.

Tabel 4.60 Nilai Validasi *Cluster* Periode 14

No.	Jumlah <i>Cluster</i>	DBI
1	2	0,53072
2	3	0,69964
3	4	0,70863

Sumber : Hasil Perhitungan DBI, 2015

Anggota *cluster* yang dihasilkan pada jaringan LVQ sesuai dengan anggota *cluster* yang dihasilkan oleh jaringan Kohonen-SOM, terdapat anggota kelompok yang berpindah *cluster*. Hasil pengujian menggunakan jaringan Kohonen-SOM dan LVQ dapat dilihat pada Tabel 4.61.

Tabel 4.61 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 14

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 14	Berhenti pada Iterasi ke = 14	Berhenti pada Iterasi ke = 135	Berhenti pada Iterasi ke = 1375	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
1	1	1	1	1	1	TR
2	1	1	1	1	1	TR
3	2	2	2	2	2	TR
4	1	1	1	1	1	TR
5	1	1	1	1	1	TR
6	2	2	2	2	1	TR
7	1	1	1	1	1	TR
8	1	1	1	1	1	TR
9	2	2	2	2	1	TR
10	1	1	1	1	1	TR
11	1	1	1	1	1	TR
12	2	2	2	2	2	TR
13	2	2	2	2	2	TR
14	2	2	2	2	2	TR
15	1	1	1	1	1	TR
16	2	2	2	2	2	TR

Tabel 4.61 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 14 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen- SOM	Hasil Kelas LVQ				Status Mutu Air
	Learning Rate (α)					
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	
	Berhenti pada Iterasi ke = 14	Berhenti pada Iterasi ke = 14	Berhenti pada Iterasi ke = 135	Berhenti pada Iterasi ke = 1375	Berhenti pada Iterasi ke = 5000	
17	1	1	1	1	1	SB
18	1	1	1	1	1	TR
19	2	2	2	2	2	TR
20	2	2	2	2	2	TR
21	2	2	2	2	2	TR
22	2	2	2	2	2	TR
23	2	2	2	2	2	TR
24	1	1	1	1	1	SB
25	1	1	1	1	1	TR
26	1	1	1	1	1	TR
27	2	2	2	2	2	TR
28	2	2	2	2	2	TR
29	2	2	2	2	2	TR
30	1	1	1	1	1	TR
31	2	2	2	2	2	TR
32	1	1	1	1	1	TR
33	1	1	1	1	1	SB
34	1	1	1	1	1	TR
35	1	1	1	1	1	TR
36	2	2	2	1	2	TR
37	1	1	1	1	1	TR
38	1	1	1	1	1	TR
39	2	2	2	1	2	TR
40	1	1	1	1	1	TR
41	2	2	2	1	2	TR
42	1	1	1	1	1	TR
43	1	1	1	1	1	TR
44	2	2	2	1	2	TR
45	1	1	1	1	1	TR

Tabel 4.61 Hasil Pengujian Jaringan pada Periode 14 (Lanjutan)

Data Ke-	Hasil Kelas Kohonen-SOM	Hasil Kelas LVQ					Status Mutu Air
	Learning Rate (α)						
	0,001	0,001	0,0001	0,00001	0,000001		
	Berhenti pada Iterasi ke = 14	Berhenti pada Iterasi ke = 14	Berhenti pada Iterasi ke = 135	Berhenti pada Iterasi ke = 1375	Berhenti pada Iterasi ke = 5000		
46	1	1	1	1	1	SB	

Sumber : Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Keterangan Simbol

SB = Status Baik

TR = Tercemar Ringan

TS = Tercemar Sedang

TB = Tercemar Berat

Berdasarkan Tabel 4.61 tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma Kohonen-SOM dan LVQ pada 46 data uji, data uji pelatihan sesuai dengan kelas label yang ingin dicapai target.

Pengujian selanjutnya yang dilakukan pada metode jaringan syaraf tiruan LVQ yang sangat dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan adalah *learning rate* (α) dapat dilihat pada Tabel 4.62.

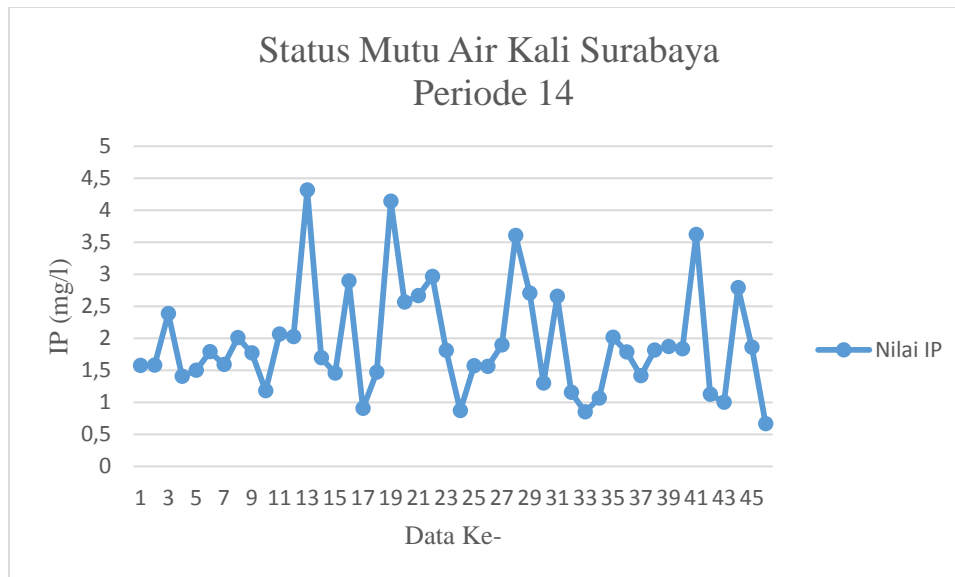
Tabel 4.62 Hasil Pengujian Berdasarkan Parameter LVQ pada Periode 14

<i>Learning Rate</i> (α)	Jaringan			
	Kohonen-SOM		LVQ	
	MSE	SEE	MSE	SEE
0,001	0,049436	0,22234	0,00018819	0,013718
0,0001	0,050084	0,22379	0,00017239	0,01313
0,00001	0,054743	0,23397	0,00017902	0,01338
0,000001	0,052099	0,22825	2,7659e-05	0,0052592

Sumber : Hasil Jaringan Kohonen-SOM dan LVQ, 2015

Berikut akan disajikan tren nilai dari indeks pencemaran selama Periode 14 (April-Juni 2013) untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau. Dari Gambar 4.59 di bawah ini terlihat bahwa selama Periode 14, dengan rata-rata titik pantau untuk setiap waktu pemantauan berada pada status mutu air “Tercemar

Ringan”. Rata-rata nilai indeks pencemaran di Kali Surabaya pada bulan April hingga Juni 2013 berada pada level 1,064 mg/l hingga 4,3147 mg/l, yang mengartikan bahwa status mutu air pada Periode 14 sebagian besar berada pada status “Tercemar Ringan”. Untuk evaluasi status mutu air secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran D**.



Gambar 4.59 Tren Status Mutu Air Kali Surabaya Periode 14 (Sumber : Perhitungan IP, 2015)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pelatihan jaringan Kohonen-SOM dengan validasi DBI, kemudian dilanjutkan dengan pelatihan jaringan LVQ dengan mengambil jumlah *cluster* hasil pelatihan sebelumnya diperoleh bahwa algoritma Kohonen-SOM dan LVQ dapat mengenali pola dan mampu mencocokkan anggota kelompok titik pantau kualitas air berdasarkan status mutu air dan kedekatan jarak data. Nilai parameter yang digunakan sebagai uji coba adalah *learning rate* (α) dan maksimal iterasi (*epoch*) dengan nilai *learning rate* (α) = 0,000001 sebagai parameter jaringan yang sudah cukup baik dalam menilai kebaikan model jaringan Kohonen-SOM dan LVQ. Untuk nilai *learning* tersebut, diperoleh nilai *mean square error* pada jaringan LVQ lebih kecil dibandingkan dengan *mean square error* pada jaringan Kohonen-SOM. Artinya, dalam pelatihan jaringan LVQ yang melalui jaringan Kohonen-SOM ini, kebaikan model sudah cukup baik untuk mendekati kenyataan yang sesungguhnya. Penentuan status mutu air Kali Surabaya dengan metode Indeks Pencemaran mampu memberikan gambaran bahwa parameter BOD, COD dan DO merupakan parameter pencemar air Kali Surabaya. Berdasarkan metode Indeks Pencemaran, terindikasi bahwa status mutu air Kali Surabaya selama Januari 2010-Juni 2013 rata-rata berada pada status mutu air “Tercemar Ringan” dengan nilai indeks pencemaran berada pada nilai 1,0018 mg/l – 4,899 mg/l. Untuk beberapa titik pantau yang memiliki nilai konsentrasi yang berubah akan menyebabkan perubahan jarak antara data tersebut dengan pusat kelompok. Akibat dari perubahan jarak tersebut dapat mengubah keanggotaan titik tersebut dari kelompok asal.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian tesis ini, saran untuk penelitian berikutnya adalah :

1. Penelitian dapat dikembangkan dengan menambah parameter zat pencemar sungai baik pada badan air Kali Surabaya ataupun pada badan air sungai yang lain.
2. Penilaian kualitas air selanjutnya dapat dikelompokkan berdasarkan kelas baku mutu air dengan memperhitungkan kondisi hidrodinamika pada badan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilera, P.A., Frenich, A.G., Torres, J.A., Castro, H., Vidal, J.L.M., Canton, M., (2001), "Application of the kohonen neural network in coastal water management: methodological development for the assessment and prediction of water quality". *Water Res.* 35, 4053–4062.
- Anonim. (2001), Peraturan Pemerintah Republik Indonesia 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Anonim. (2003), Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.
- Anonim. (2009), Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Anonim. (2010), Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.
- Anonim. (2010), Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 61 Tahun 2010 tentang Penetapan Kelas Air Pada Air Sungai.
- Arifin Z. dan M.I. Irawan, (2009), "Adaptive Sensitivity Sensitivity-based Linear Learning Method Algorithms for Data Classification". *Proceeding of 5th International Conference of Mathematics, Statistics and Their Applications*, Bukit Tinggi – West Sumatra Indonesia, Juni 9 -11.
- Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Surabaya, (2012), Laporan Akhir : Laporan Status Lingkungan Hidup Kota Surabaya 2011, BLH Kota Surabaya, Surabaya.
- Carey, R.O., Migliaccio, K.W., Brown, M.T., (2011), "Nutrient discharges to Biscayne Bay, Florida: Trends, loads, and a pollutant index". *Sci. Total Environ.* 409, 530–539.
- Effendi, H., (2003), *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Fausett, L.,(1994), *Fundamental of Neural Networks*, New Jersey, Prentice Hall Inc.
- Fitriatien, S.R., Irawan, M.I., dan Nieke Karnaningroem. (2014a), Penerapan Jaringan Kohonen *Self Organizing Maps* untuk Clustering Kualitas Air Kali Surabaya. *Seminar Nasional Matematika VIII*, Universitas Negeri Semarang, 8 November 2014, ISBN : 978-602-1034-06-4.

- Fitriatien, S.R., Irawan, M.I., dan Nieke Karnaningroem. (2014b), Sebaran Polutan di Kali Surabaya Menggunakan Jaringan Kohonen. *Seminar Nasional Teknologi Lingkungan XI*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 3 Desember 2014, ISBN : 978-602-95595-9-0.
- Google Earth, (2014), Google Earth Application.
- Hermawan, A., (2006), *Jaringan Syaraf Tiruan Teori dan Aplikasi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Irawan, M.I., (2008), “*Exploratory Data Analysis dengan JST-Kohonen SOM: Stryktur Tingkat Kesejahteraan Daerah Tingkat II se Jawa Timur*”, ITS, Surabaya.
- K.-L. Wu and M.-S. Yang, (2006), “Alternative learning vector quantization,” *Pattern Recognit.*, vol. 39, no. 3, pp. 351–362.
- Karnaningroem, N., (2006), *Model Hidrodinamika Penyebaran Polutan Di Sungai*, Disertasi Doktor Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS, Surabaya.
- Kohonen, T., (2014), *MATLAB Implementations and Applications of the Self-Organizing Maps*, Unigrafia Oy, Helsinki, Finlandia.
- Kusumadewi, S., (2004), *Artificial Intelligence*, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Kusumawardhani, D., (2010), “*Valuasi Ekonomi Air Bersih di Surabaya*”, UGM, Yogyakarta.
- L. Bougrain and F. Alexandre, (1999), “Unsupervised connectionist algorithms for clustering an environmental data set: A comparison,” *Neurocomputing*, vol. 28, no. 1–3, pp. 177–189.
- Liu, S., Lou, S., Kuang, C., Huang, W., Chen, W., Zhang, J., Zhong, G., (2011), “Water quality assessment by pollution-index method in the coastal waters of Hebei Province in western Bohai Sea, China”. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 2220–2229.
- Mahonen, P.H dan P.J Hakala, (1995), “Automated source classification using Kohonen Network”. *The Astrophysical Journal Letters* Vol. 452:L77–L80.
- Mali, K., Mitra, S., (2003), “Clustering and its validation in a symbolic framework”. *Pattern Recognit. Lett.* 24, 2367–2376. doi:10.1016/S0167-8655(03)00066-7.
- Masduqi, A dan E. Apriliani, (2008), “Estimation of Surabaya River Water Quality Using Kalman Filter Algorithm”, IPTEK, *The Journal for Technology and Science*, Vol. 19, No. 3, August 2008.

- Mostafa, M.M., (2010), "Clustering the ecological footprint of nations using Kohonen's self organizing maps". *Expert Syst. Appl.* 37, 2747–2755.
- Muis, S., (2006), *Teknik Jaringan Syaraf Tiruan*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Nugroho, A.R., (2014), "Penilaian Faktor Pencemaran Air Kali Surabaya Menggunakan *Structural Equation Modelling*", Tesis Magister Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS, Surabaya.
- Olawoyin, R., Nieto, A., Grayson, R.L., Hardisty, F., Oyewole, S., (2013), "Application of artificial neural network (ANN)–self-organizing map (SOM) for the categorization of water, soil and sediment quality in petrochemical regions". *Expert Syst. Appl.* 40, 3634–3648.
- Olkowska, E., Kudlak, B., Tsakovski, S., Ruman, M., Simeonov, V., Polkowska, Z., (2014), "Assessment of the water quality of Kłodnica River catchment using self-organizing maps". *Sci. Total Environ.* 476–477, 477–484.
- Perum Jasa Tirta I, (2014), *Data Kualitas Air Kali Surabaya*, Malang.
- Prasetyo, E., (2014), *Data Mining*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Ribeiro, F.A.L., Rosário, F.F., Bezerra, M.C.M., Wagner, R. de C.C., Bastos, A.L.M., Melo, V.L.A., Poppi, R.J., (2014), "Evaluation of chemical composition of waters associated with petroleum production using Kohonen neural networks". *Fuel* 117, Part A, 381–390.
- Riyadi, S., (1984), *Pencemaran Air*, Penerbit Anda, Surabaya.
- Status Lingkungan Hidup Kota Surabaya (SLHD), (2012), Kota Surabaya.
- Status Lingkungan Hidup Kota Surabaya (SLHD), (2013), Kota Surabaya.
- Suharjo, Bambang, (2013), *Statistika Terapan*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Sunu, P., (2001), *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*, PT Grasindo, Jakarta.
- Suripin, (2002), *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Whittaker, G., Barnhart, B., Färe, R., Grosskopf, S., (2015), "Application of index number theory to the construction of a water quality index: Aggregated nutrient loadings related to the areal extent of hypoxia in the northern Gulf of Mexico". *Ecol. Indic.* 49, 162–168. doi:10.1016/j.ecolind.2014.10.003.

Yang, D., Zheng, L., Song, W., Chen, S., Zhang, Y., (2012), “Evaluation Indexes and Methods for Water Quality in Ocean Dumping Areas. *Procedia Environ. Sci., The Seventh International Conference on Waste Management and Technology (ICWMT 7)* 16, 112–117.

Zhao, Q., (2012), *Cluster Validity in Clustering Methods*, University of Eastern Finland Library, Finlandia.

```

MAIN_GUI
function varargout = main_gui3(varargin)
% MAIN_GUI3 MATLAB code for main_gui3.fig
%   MAIN_GUI3, by itself, creates a new MAIN_GUI3 or raises the
existing
%   singleton*.
%
%   H = MAIN_GUI3 returns the handle to a new MAIN_GUI3 or the
handle to
%   the existing singleton*.
%
%   MAIN_GUI3('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the
local
%   function named CALLBACK in MAIN_GUI3.M with the given input
arguments.
%
%   MAIN_GUI3('Property','Value',...) creates a new MAIN_GUI3 or
raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value
pairs are
%   applied to the GUI before main_gui3_OpeningFcn gets called.
An
%   unrecognized property name or invalid value makes property
application
%   stop. All inputs are passed to main_gui3_OpeningFcn via
varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows
only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help main_gui3

% Last Modified by GUIDE v2.5 16-May-2015 16:51:13

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @main_gui3_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @main_gui3_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else

```



```

    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before main_gui3 is made visible.
function main_gui3_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin    command line arguments to main_gui3 (see VARARGIN)

% Choose default command line output for main_gui3
handles.output = hObject;

% colour
handles.warna = {'r', 'g', 'b', 'c', 'm', 'y', 'k'};
handles.n_warna = length(handles.warna);
% input header
handles.header = {'BOD'; 'COD'; 'DO'};
% input data
data_input = xlsread('data_input.xlsx', 'Data', 'C2:G645');
handles.min_data = min(data_input(:,3:5));
handles.max_data = max(data_input(:,3:5));
% jumlah periode
handles.n_periode = 14;
% jumlah lokasi
handles.n_lokasi = 16;
% jaringan net
handles.ko_net_low_dbi = [];
% id centroid
handles.ko_id_centroid = cell(1, handles.n_periode);
% classes
handles.ko_classes = cell(1, handles.n_periode);
% dimensi klaster
handles.dim_clust = [1 2; 1 3; 2 2; 1 5; 2 3; 1 7; 2 4; 1 9; 2 5; 1
11; 3 4; 1 13; ...
    2 7; 1 15; 4 4; 1 17; 3 6; 1 19; 4 5; 3 7; 2 11; 1 23; 4 6; 5
5];
% handles.dim_clust = [1 2; 1 3; 1 4; 1 5; 1 6; 1 7; 1 8; 1 9; 1 10;
1 11; 1 12; 1 13; ...
    1 14; 1 15; 1 16; 1 17; 1 18; 1 19; 1 20; 1 21; 1 22; 1 23; 1
24; 1 25];

handles.vdata = cell(handles.n_periode, 1);
for i=1:handles.n_periode
    data = data_input(data_input(:,2)==i,:);
    handles.vdata{i,1} = data(:, [1,3:end]);
end

handles.vdata_code_status = cell(handles.n_periode, 1);

```



```

handles.vdata_ip_status = cell(handles.n_periode, 1);
for i=1:handles.n_periode
    data = handles.vdata{i,1};
    ip_status = cell(size(data,1),2);
    code_status = cell(size(data,1),1);
    for j=1:size(data,1)
        ip(1) = data(j,2)/3; if ip(1) > 1, ip(1) = 1+5*log10(ip(1));
    end
        ip(2) = data(j,3)/25; if ip(2) > 1, ip(2) =
1+5*log10(ip(2)); end
        ip(3) = data(j,4)/4; if ip(3) > 1, ip(3) = 1+5*log10(ip(3));
    end
        tmp = sqrt((max(ip).^2 + mean(ip).^2)/2);
        if tmp <= 1, status = '    Status Baik'; code_status{j} =
1;
            elseif tmp <= 5, status = '    Tercemar Ringan';
code_status{j} = 2;
            elseif tmp <= 10, status = '    Tercemar Sedang';
code_status{j} = 3;
            else status = 'Tercemar Berat'; code_status{j} = 4;
        end
        ip_status{j,1} = tmp;
        ip_status{j,2} = status;
    end
    handles.vdata_ip_status{i,1} = ip_status;
    handles.vdata_code_status{i,1} = code_status;
end

set(handles.uitable1, 'columnname',
{'Lokasi','BOD','COD','DO','Klas.Kohonen','Klas.LVQ','IP','Status'})
;
set(handles.uitable1, 'columnwidth', {40, 50, 50, 50, 85, 60, 55,
100});
[nrow,~] = size(handles.vdata{1,1});
set(handles.uitable1, 'data', [num2cell(handles.vdata{1,1}),
cell(nrow,2), handles.vdata_ip_status{1,1}]);
set(handles.slider1, 'min', 1);
set(handles.slider1, 'max', handles.n_periode);
set(handles.slider1, 'value', 1);
set(handles.slider1, 'sliderstep', [1/(handles.n_periode-1),
1/(handles.n_periode-1)]);
set(handles.uipanel1, 'title', 'Data Periode 1');
set(handles.uipanel2, 'title', 'Klaster Data Periode 1');
set(handles.edit1, 'string', 'Akurasi: ');
set(handles.edit2, 'string', 'MSE: ');
set(handles.edit3, 'string', 'SEE: ');
set(handles.edit4, 'string', 'MSE: ');
set(handles.edit5, 'string', 'SEE: ');

% Plot3D
axes(handles.axes1);
plot_awal(handles, 1, {handles.vdata{1,1}, cell(nrow,2),
handles.vdata_ip_status{1,1}});

```



```

dcm = datacursormode(gcf);
set(dcm, 'Enable', 'on');
set(dcm, 'DisplayStyle', 'window');
set(dcm, 'UpdateFcn', @myupdatefcn)

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes main_gui wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- update tooltip.
function txt = myupdatefcn(~,event)
eUData = get(event.Target, 'UserData');
pos = get(event, 'Position');
ket1 =
eUData{1}(eUData{1}(:,4)==pos(1)&eUData{1}(:,2)==pos(2)&eUData{1}(:,
3)==pos(3),:);
ket2 =
eUData{2}(eUData{1}(:,4)==pos(1)&eUData{1}(:,2)==pos(2)&eUData{1}(:,
3)==pos(3),:);
ket3 =
eUData{3}(eUData{1}(:,4)==pos(1)&eUData{1}(:,2)==pos(2)&eUData{1}(:,
3)==pos(3),:);
txt = {'Lokasi: ', num2str(ket1(1,1))},...
['BOD: ', num2str(ket1(1,2))},...
['COD: ', num2str(ket1(1,3))},...
['DO: ', num2str(ket1(1,4))},...
['Klas.Kohonen: ', num2str(ket2{1,1})},...
['Klas.LVQ: ', num2str(ket2{1,2})},...
['IP: ', num2str(ket3{1,1})},...
['Status: ', ket3{1,2}];

% --- plot berdasarkan status tercemar.
function plot_awal(handles, periode, userdata)

data = handles.vdata{periode,1};
IP = cell2mat(handles.vdata_ip_status{periode,1}(:,1));
pdata = data(IP<=1,:);
if size(pdata,1) >= 1
    plot3(pdata(:,4), pdata(:,2), pdata(:,3), handles.warna{5},
'UserData', userdata);
    hold on;
end
pdata = data(IP>1&IP<=5,:);
if size(pdata,1) >= 1
    plot3(pdata(:,4), pdata(:,2), pdata(:,3), handles.warna{4},
'UserData', userdata);
    hold on;

```



```

end
pdata = data(IP>5&IP<=10,:);
if size(pdata,1) >= 1
    plot3(pdata(:,4), pdata(:,2), pdata(:,3), handles.warna{3},
'UserData', userdata);
    hold on;
end
pdata = data(IP>10,:);
plot3(pdata(:,4), pdata(:,2), pdata(:,3), handles.warna{2},
'UserData', userdata);
hold off
title('Klaster Berdasarkan Status Tercemar')
xlabel('DO')
ylabel('BOD')
zlabel('COD')
grid on

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = main_gui3_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout    cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject     handle to figure
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on slider movement.
function slider1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject     handle to slider1 (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'Value') returns position of slider
%         get(hObject,'Min') and get(hObject,'Max') to determine
range of slider
val = get(handles.slider1, 'value');
[nrow,~] = size(handles.vdata{val,1});
set(handles.uitable1, 'data', [num2cell(handles.vdata{val,1}),
cell(nrow,2), handles.vdata_ip_status{val,1}]);
set(handles.uipanel1, 'title', ['Data Periode ',int2str(val)]);
set(handles.uipanel2, 'title', ['Klaster Data Periode
',int2str(val)]);

% Plot3D
axes(handles.axes1);
plot_awal(handles, val, {handles.vdata{val,1}, cell(nrow,2),
handles.vdata_ip_status{val,1}});
plot(handles.axes2,[0 1],[0 1],'.w','markersize',1);

```



```

plot(handles.axes3,[0 1],[0 1],'.w','markersize',1);
plot(handles.axes4,[0 1],[0 1],'.w','markersize',1);

set(handles.pushbutton2, 'enable', 'off');
set(handles.pushbutton3, 'enable', 'off');

set(handles.edit1, 'string', 'Akurasi: ');
set(handles.edit2, 'string', 'MSE: ');
set(handles.edit3, 'string', 'SEE: ');
set(handles.edit4, 'string', 'MSE: ');
set(handles.edit5, 'string', 'SEE: ');

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function slider1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to slider1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: slider controls usually have a light gray background.
if isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor',[.9 .9 .9]);
end

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

n_klaster = 4;
val = get(handles.slider1, 'value');
data = handles.vdata{val,1}(:,2:end);

low_dbi = 1e3;
% id_centroid_low_dbi = zeros(0);
% classes_low_dbi = zeros(0);
vxdbi = zeros(1,n_klaster-1);
vydbi = zeros(1,n_klaster-1);

h = waitbar(0, 'Hitung DBI 2 Klaster');

for j=1:n_klaster-1 %size(handles.dim_clust, 1) % iterasi
    sebanyak jumlah klaster

```



```

[net, W_awal, W_akhir, ko_dbi, ko_centroid, ko_id_centroid,
ko_classes] = f_kohonen(handles.dim_clust(j,:), 5000, 'data');
disp(['Klaster kohonen: ', int2str(j+1), ', klaster yang
terisi: ', ...
int2str(ko_centroid), ', DBI: ', num2str(ko_dbi,5)]);

vxdbi(j) = j+1;
vydbi(j) = ko_dbi;
if ko_dbi < low_dbi
    low_dbi = ko_dbi;
    handles.ko_net_low_dbi = net;
    W_awal_kohonen = W_awal;
    W_akhir_kohonen = W_akhir;
    handles.idx_j = j;
    id_centroid_low_dbi = ko_id_centroid;
    classes_low_dbi = ko_classes;
end

waitbar(j/(n_klaster-1), h, ['Hitung DBI ', int2str(j+1), '
Klaster']);
end

% klastering menggunakan lvq
T = ind2vec(classes_low_dbi);
target = full(T);
st = sum(target,2);
[~,ix] = sort(st, 'descend');
tmp = classes_low_dbi;
for i=1:length(ix)
    tmp(classes_low_dbi==ix(i)) = i;
end
classes_low_dbi = tmp;

T = ind2vec(classes_low_dbi);
target = full(T);
st = sum(target,2);

nt = st/size(target,2);
waitbar(0.5, h, 'Klaster LVQ');
% net = newlvq(data', length(id_centroid_low_dbi)+2, nt', 0.01);
net = newlvq(data', 6, nt', 0.000001);
W_awal_lvq = net.IW{1,1};
net.trainParam.epochs = 5000;
net.trainParam.showWindow = false;
net.trainParam.showCommandLine = true;
net.trainParam.show = 1;
net = train(net, data', T);
W_akhir_lvq = net.IW{1,1};
y = sim(net, data');
id_centroid_y = find(sum(y,2));
% id_centroid_y(id_centroid_y==0) = [];
yi = vec2ind(y);

```



```

akurasi = sum(yi == classes_low_dbi)/length(yi)*100;
set(handles.edit1, 'string', ['Akurasi: ', num2str(akurasi), '%']);
close(h);

% hitung akurasi Kohonen
min_data = repmat(handles.min_data, size(W_awal_kohonen,1), 1);
max_data = repmat(handles.max_data, size(W_awal_kohonen,1), 1);
W_awal_kohonen = (W_awal_kohonen-min_data)./(max_data-min_data);
W_akhir_kohonen = (W_akhir_kohonen-min_data)./(max_data-min_data);
disp(W_awal_kohonen);
disp(W_akhir_kohonen);
akurasi = sum((W_akhir_kohonen(:)-
W_awal_kohonen(:)).^2)./numel(W_akhir_kohonen)
set(handles.edit2, 'string', ['MSE: ', num2str(akurasi)]);
set(handles.edit3, 'string', ['SEE: ', num2str(sqrt(akurasi))]);
% hitung akurasi LVQ
min_data = repmat(handles.min_data, size(W_awal_lvq,1), 1);
max_data = repmat(handles.max_data, size(W_awal_lvq,1), 1);
W_awal_lvq = (W_awal_lvq-min_data)./(max_data-min_data);
W_akhir_lvq = (W_akhir_lvq-min_data)./(max_data-min_data);
disp(W_awal_lvq);
disp(W_akhir_lvq);
akurasi = sum((W_akhir_lvq(:)-W_awal_lvq(:)).^2)./numel(W_akhir_lvq)
set(handles.edit4, 'string', ['MSE: ', num2str(akurasi)]);
set(handles.edit5, 'string', ['SEE: ', num2str(sqrt(akurasi))]);

set(handlesuitable1, 'data', [num2cell(handles.vdata{val,1}),...
    num2cell([classes_low_dbi',yi'])],
handles.vdata_ip_status{val,1}]);

% Plot 3D axes3
axes(handles.axes3);
for i=1:length(id_centroid_low_dbi)
    if i==2, hold on; end
    pdata = data(classes_low_dbi==id_centroid_low_dbi(i),:);
    plot3(pdata(:,3), pdata(:,1), pdata(:,2),
handles.warna{id_centroid_low_dbi(i)},...
    'UserData', {handles.vdata{val,1},
num2cell([classes_low_dbi',yi']),...
    handles.vdata_ip_status{val,1}});
end
hold off
title('Klaster Kohonen Pada DBI Terendah')
xlabel('DO')
ylabel('BOD')
zlabel('COD')
grid on

% Plot 3D axes4
axes(handles.axes4);
for i=1:length(id_centroid_y)

```



```

        if i==2, hold on; end
        pdata = data(yi==id_centroid_y(i),:);
        plot3(pdata(:,3), pdata(:,1), pdata(:,2),
handles.warna{id_centroid_y(i)},...
        'UserData', {handles.vdata{val,1},
num2cell([classes_low_dbi',yi']),...
        handles.vdata_ip_status{val,1}});
    end
    hold off
    title('Klaster LVQ')
    xlabel('DO')
    ylabel('BOD')
    zlabel('COD')
    grid on

% Plot
axes(handles.axes2);
plot(vxdbi, vydbi);
xlabel('Klaster');
ylabel('DBI');
grid on

set(handles.pushbutton2, 'enable', 'on');
set(handles.pushbutton3, 'enable', 'on');

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit1
%        as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
%            called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```


end

% --- Executes on button press in pushbutton2.

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to pushbutton2 (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

addpath('som');

val = get(handles.slider1, 'value');

sD = ubah_ke_som_data(handles.vdata{val,1}(:,2:end), handles.header,
handles.vdata_code_status{1,1});

sD = som_normalize(sD, 'var');

% sD = som_normalize(sD, 'range');

% sM = som_make(sD, 'msize', handles.dim_clust(handles.idx_j,:));

sM = som_make(sD, 'msize', [5 7]);

% sM = som_make(sD);

figure, som_show(sM, 'comp', 1:3, 'norm', 'd');

% figure, som_show(sM, 'comp', 1:3);

rmpath('som');

% figure, plotsomplanes(handles.ko_net_low_dbi);

% --- Executes on button press in pushbutton3.

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to pushbutton3 (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

val = get(handles.slider1, 'value');

% data = handles.vdata{val,1}(:,2:end);

figure,

plotsomhits(handles.ko_net_low_dbi, handles.vdata{val,1}(:,2:end));

% figure,

% plotsompos(handles.ko_net_low_dbi,

handles.vdata{val,1}(:,2:end));

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to edit2 (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of edit2 as text

% str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of edit2
as a double


```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit3
as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit4 as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit4
as a double
```



```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns
called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit5 as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit5
as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns
called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```


**EVALUASI HASIL PEMANTAUAN KUALITAS AIR SUNGAI DARI
SEBAGIAN PARAMETER AIR TAHUN 2010 – 2013
(PERIODE : BULANAN)**

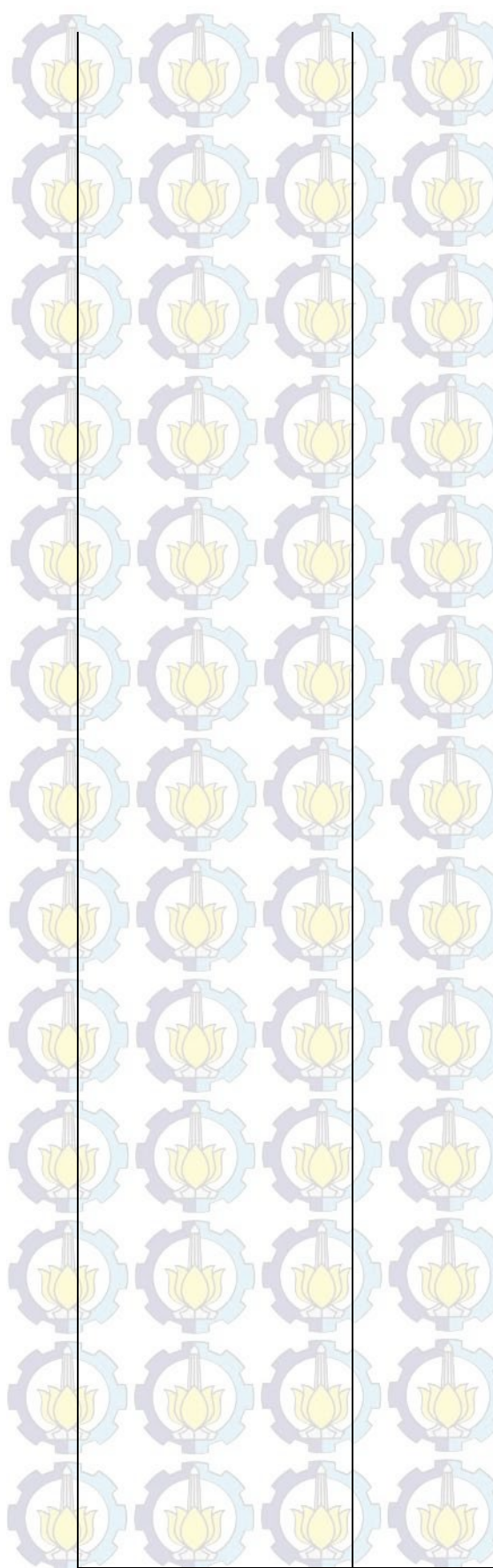
NO	LOKASI	SUNGAI	TGL	JAM	DO	BOD	COD
1	Jembatan Cangu	Surabaya	06/01/2010	9:00	6,4	6,48	17,99
			08/02/2010	9:46	6,4	5,9	30,101
			03/03/2010	9:25	6,5	4,41	17,939
			08/04/2010	9:20	6,7	3,8	12,411
			10/05/2010	9:50	6,6	7,53	38,951
			10/06/2010	9:15	7,2	3,48	10,524
			06/07/2010	10:28	6,9	2,59	7,824
			05/08/2010	9:58	5,01	2,3	9,952
			07/09/2010	9:46	5,88	3,16	11,304
			15/10/2010	9:51	5,19	5,04	26,076
			09/11/2010	10:05	7,04	6,08	37,925
			06/12/2010	10:00	5,45	3,19	14,558
			10/01/2011	9:47	7,03	6,01	26,552
			09/02/2011	9:01	6,19	2,02	10,721
			07/03/2011	10:18	6,73	4,66	20,989
			11/04/2011	16:20	5,97	4,33	16,409
			11/05/2011	9:20	6,41	5,58	27,176
			07/06/2011	11:30	6,17	2,11	9,685
			05/07/2011	15:40	6,21	2,85	9,65
			10/08/2011	8:42	6,8	1,79	7,58
			14/09/2011	9:59	6,29	1,8	6,219
			12/10/2011	9:45	6,23	3,38	9,402
			10/11/2011	10:10	6,59	3,16	11,15
			08/12/2011	12:23	6,29	1,6	7,325
			09/01/2012	9:40	5,01	1,53	8,754
			09/02/2012	9:45	5,47	1,71	7,726
			12/03/2012	9:40	6,11	1,22	8,833
			11/04/2012	9:10	6,17	3,06	14,81
			09/05/2012	8:48	6,04	2	7,267
			05/06/2012	13:05	5,78	8,208	10
			12/07/2012	10:55	6,11	1,54	5,326
			03/08/2012	11:10	5,8	2,06	6,154
			10/09/2012	8:55	6,12	0,67	3,653
			04/10/2012	9:25	6,1	1,07	5,199
			08/11/2012	9:50	6,1	0,53	4,54
			05/12/2012	10:00	5,9	5,9	28,48
			07/01/2013	10:15	6,33	4,59	25,38

2	Jembatan Jetis	Marmoyo	05/02/2013	9:20	6,01	5,23	29,91
			05/03/2013	9:05	5,71	2,55	11,4
			05/04/2013	9:05	6,01	3,32	11,1
			07/05/2013	10:10	5,09	4,27	20,49
			07/06/2013	10:33	6,01	6,14	42,71
			06/01/2010	9:45	5,9	6,72	13,953
			08/02/2010	10:01	4,8	5,74	70,101
			03/03/2010	9:50	5,8	7,63	21,992
			08/04/2010	9:40	6,1	3,2	10,785
			10/05/2010	10:10	4,9	14,72	68,508
			10/06/2010	9:33	5,7	3,06	13,112
			06/07/2010	10:44	5,1	3,18	10,365
			05/08/2010	10:17	4,25	5,97	28,679
			07/09/2010	9:55	4,55	3,97	14,166
			15/10/2010	10:05	3,32	5,01	26,384
			09/11/2010	10:40	4,33	4,79	16,725
			06/12/2010	10:20	4,31	5,87	28,62
			10/01/2011		5,59	4,92	15,305
			09/02/2011	9:16	4,98	3,03	19,158
			07/03/2011	10:32	4,57	4,57	20,212
			11/04/2011	16:03	5,21	7,49	39,64
			11/05/2011	9:40	4,71	4,71	16,603
			07/06/2011	11:52	4,03	2,91	17,276
			05/07/2011	15:20	4,7	3,3	15,587
			10/08/2011	9:05	0,11	16,91	41,064
			14/09/2011	10:22	3,61	4	21,659
			12/10/2011	10:05	4,81	3,01	12,35
			10/11/2011	10:25	4,99	4,15	16,03
			08/12/2011	12:46	5,59	3,07	11,55
			09/01/2012	9:58	3,52	3,06	13,02
			09/02/2012	10:05	5,21	2,26	9,628
			12/03/2012	10:20	4,4	2,07	10,33
			11/04/2012	9:27	4,91	3,15	14,2
			09/05/2012	9:05	4,65	3,12	12,24
			05/06/2012	13:20	3,3	16,27	12
			12/07/2012	11:20	3,01	2,58	8,597
			03/08/2012	11:25	4,11	2,31	8,268
			10/09/2012	9:20	4,92	1,98	7,441
			04/10/2012	9:48	4,12	2,26	11,34
			08/11/2012	10:10	3,42	3	12,62
			05/12/2012	10:20	4,56	6,05	47,59
			07/01/2013	10:40	6,02	2,93	13,46

3	Jembatan Perring	Surabaya	05/02/2013	9:40	4,45	4,48	21,62
			05/03/2013	9:30	4,33	9,66	54,5
			05/04/2013	9:30	4,1	4,09	12,3
			07/05/2013	10:25	4,23	4,18	22,21
			07/06/2013	10:45	5,29	4,58	30,25
			06/01/2010	10:05	5,8	8,82	23,321
			08/02/2010	10:18	4,4	4,87	12,038
			03/03/2010	10:20	6	4,97	16,318
			08/04/2010	10:00	6	3,66	12,055
			10/05/2010	10:30	4,8	7,2	37,454
			10/06/2010	9:55	5,1	3,18	11,249
			06/07/2010	11:05	5,9	3,77	9,898
			05/08/2010	10:40	4,6	3,88	14,932
			07/09/2010	10:15	5,84	6,21	17,548
			15/10/2010	10:34	3,82	3,57	19,439
			09/11/2010	11:15	5,4	5,51	28,958
			06/12/2010	10:40	4,56	4,85	22,484
			10/01/2011	10:25	5,58	5,39	21,158
			09/02/2011	9:31	4,34	4,1	16,857
			07/03/2011	10:50	5,83	5,72	24,926
			11/04/2011	15:41	4,31	5,39	36,351
			11/05/2011	10:05	4,42	5,85	24,133
			07/06/2011	12:12	5,62	2,77	11,993
			05/07/2011	15:02	5,98	2,69	10,063
			10/08/2011	9:28	6,4	2,41	9,379
			14/09/2011	10:41	5,98	5,59	38,433
			12/10/2011	10:30	5,87	2,15	8,791
			10/11/2011	10:45	5,45	2,93	13,61
			08/12/2011	13:15	5,6	3,25	11,24
			09/01/2012	10:20	4,81	3,84	16,46
			09/02/2012	10:25	5,67	2,09	10,14
			12/03/2012	10:45	5,97	3,13	15,45
			11/04/2012	9:53	5,79	2,87	12,9
			09/05/2012	9:30	5,93	3,36	13,12
			05/06/2012	13:45	4,85	10,95	16
			12/07/2012	11:45	5,89	1,23	4,397
			03/08/2012	11:38	4,31	1,85	5,21
			10/09/2012	9:45	5,61	0,35	6,696
			04/10/2012	10:15	5,92	1,05	5,947
			08/11/2012	10:35	5,73	0,81	5,277
			05/12/2012	10:45	5,89	5,92	36,04
			07/01/2013	11:15	5,88	5,11	27,47

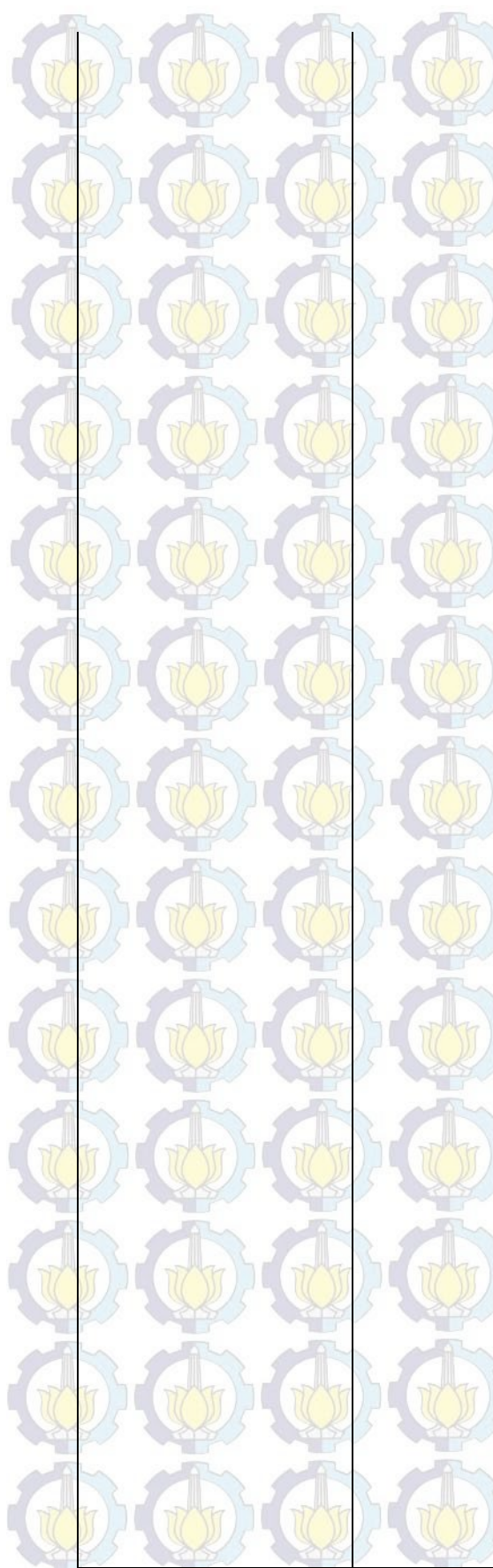
4	Jembatan Jrebeng	Surabaya	05/02/2013	10:05	5,65	4,75	27,86
			05/03/2013	9:55	5,01	3,46	20,59
			05/04/2013	9:55	5,87	3,99	11,46
			07/05/2013	10:45	4,38	5,79	20,47
			07/06/2013	11:10	4,46	4,68	30,88
			06/01/2010	10:35	5,7	9,48	24,666
			08/02/2010	10:17	4,3	6,03	28,807
			03/03/2010	10:45	5,9	5,03	24,019
			08/04/2010	10:30	5,9	3,54	11,649
			10/05/2010	11:15	4,5	14,77	50,667
			10/06/2010	10:30	5,5	3,34	13,164
			06/07/2010	11:40	5,2	2,71	8,758
			05/08/2010	11:14	3,67	4,78	16,333
			07/09/2010	10:39	4,61	5,95	17,548
			15/10/2010	11:04	3,82	2,86	13,677
			09/11/2010	11:50	3,02	5,42	34,366
			06/12/2010	11:10	4,28	4,51	21,973
			10/01/2011	11:00	3,64	4,01	21,005
			09/02/2011	10:18	4,07	5,78	18,494
			07/03/2011	11:20	5,77	5,99	28,915
			11/04/2011	15:10	4,11	8,85	45,088
			11/05/2011	10:40	4,92	5,28	25,474
			07/06/2011	12:58	5,19	3,31	15,148
			05/07/2011	14:35	5,76	2,59	10,269
			10/08/2011	9:53	6,21	2,36	9,276
			14/09/2011	11:01	5,97	1,79	5,552
			12/10/2011	10:59	5,76	3,45	10,93
			10/11/2011	11:15	5,6	3,21	19,16
			08/12/2011	13:37	4,22	2,08	8,8
			09/01/2012	10:35	3,31	4	19,7
			09/02/2012	10:55	5	2,12	8,497
			12/03/2012	12:00	5,31	3,93	18,66
			11/04/2012	10:15	4,99	2,84	12,67
			09/05/2012	10:00	5,21	3,16	16
			05/06/2012	14:25	4,85	13,27	22
			12/07/2012	12:15	5,01	2,71	11,22
			03/08/2012	12:12	4,29	2,66	9,319
			10/09/2012	10:20	5,13	1,84	7,066
			04/10/2012	10:45	5,86	2,15	9,423
			08/11/2012	11:10	4,87	0,32	4,559
			05/12/2012	11:20	5,31	5,72	44,47
			07/01/2013	11:50	5,44	5,77	21,86

5	Cangkir Tambangan	Surabaya	05/02/2013	10:35	5,1	4,92	29,62
			05/03/2013	10:30	5,86	3,17	18,66
			05/04/2013	10:30	4,91	2,04	9,418
			07/05/2013	11:38	4,23	6,03	20,33
			07/06/2013	12:35	4,65	5,29	36,39
			04/01/2010	9:45	5,8	6,1	31,68
			18/01/2010	10:05	5,9	2,97	9,347
			01/02/2010	10:05	5,9	4,26	19,672
			15/02/2010	9:40	3,7	9,47	30,8
			01/03/2010	9:50	5,9	8,11	45,843
			15/03/2010	8:45	5,5	4,34	12,332
			05/04/2010	10:30	5,3	6,16	30,693
			19/04/2010	13:25	5,4	12,96	56,418
			03/05/2010	10:35	4,9	5,72	16,565
			17/05/2010	10:35	4,7	6,37	37,776
			01/06/2010	9:05	4,7	3,55	15,03
			15/06/2010	11:05	3,3	7,43	31,863
			01/07/2010	13:00	6,3	3,39	9,44
			16/07/2010	10:24	4,9	3,47	8,996
			02/08/2010	10:35	4,9	1,71	8,851
			16/08/2010	10:22	3,32	1,79	7,088
			02/09/2010	8:40	3,02	2,17	10,67
			14/09/2010	11:00	4,32	5,28	22,283
			04/10/2010	9:56	4,41	3,69	9,833
			19/10/2010	10:25	3,2	15,42	44,504
			01/11/2010	12:20	3,89	7,77	38,702
			16/11/2010	10:28	4,4	4,84	23,345
			01/12/2010	8:50	3,5	5,26	28,687
			17/12/2010	11:15	3,58	4,69	16,81
			03/01/2011	9:50	6,41	4,9	23,412
			17/01/2011	9:44	3,84	4,7	13,958
			01/02/2011	9:55	5,82	7,47	21,897
			16/02/2011	10:25	5,01	7,32	23,98
			01/03/2011	9:25	3,68	7,47	46,816
			15/03/2011	11:18	3,54	4,17	18,988
			01/04/2011	13:05	3,52	5,12	21,845
			14/04/2011	13:35	4,41	6,27	30,384
			02/05/2011	15:15	5,73	6,79	30,03
			18/05/2011	16:00	5,23	3,34	15,428
			01/06/2011	9:35	3,86	3,27	11,36
			15/06/2011	10:30	5,08	3,58	12,278
			01/07/2011	9:40	5,72	5,44	16,574



18/07/2011	11:30	5,71	3,68	13,525
01/08/2011	15:20	4,93	3,02	7,892
15/08/2011	9:50	3,92	1,62	7,711
06/09/2011	10:00	4,99	2,59	7,688
16/09/2011	9:25	5,71	2,34	8,002
03/10/2011	10:50	3,94	2,27	9,952
14/10/2011	9:30	5,72	2,99	11,36
01/11/2011	10:50	3,56	3,72	12,68
15/11/2011	9:35	5,91	2,33	9,731
05/12/2011	10:55	5,69	5,62	32,91
19/12/2011	11:15	5,98	5,13	16,8
03/01/2012	9:50	4,12	3,8	16,48
17/01/2012	10:40	4,49	5,86	24,45
01/02/2012	9:48	5,81	4,52	24,71
16/02/2012	11:10	4,17	6,54	28,12
01/03/2012	10:10	4,52	3,13	26,83
15/03/2012	9:55	6,73	3,5	12,25
02/04/2012	9:55	4,49	5,66	28,4
16/04/2012	10:50	5,17	4,78	15,63
01/05/2012	11:15	4,67	5,66	30,19
15/05/2012	11:10	5,76	3,41	11,38
01/06/2012	11:20	4,12	7,805	15
15/06/2012	16:10	4,71	12,1	42
02/07/2012	9:20	5,1	3,19	11,2
17/07/2012	9:15	3,51	2,17	11,33
01/08/2012	10:30	5,81	2,7	7,572
13/08/2012	10:23	3,56	2,17	8,171
03/09/2012	10:50	4,55	2,82	6,089
14/09/2012	12:30	3,67	2,09	10,57
03/10/2012	10:15	5,87	2,5	6,845
15/10/2012	11:40	5,78	1,49	7,841
01/11/2012	10:40	4,87	2,33	11,97
14/11/2012	11:10	5,87	3,62	16,91
03/12/2012	12:35	5,91	4,88	22,02
14/12/2012	9:00	5,97	4,22	22,25
02/01/2013	10:40	5,71	4,48	28,95
15/01/2013	10:55	5,41	4,23	32,02
01/02/2013	12:30	4,54	4,56	26,23
19/02/2013	10:10	4,15	3,62	16,22
01/03/2013	9:30	4,91	4,2	20,66
15/03/2013	10:00	5,01	4,21	23,17
01/04/2013	8:40	5,01	21,54	47,7

6	Muara Kali Tengah	Tengah	15/04/2013	10:40	4,35	4,47	31,13
			01/05/2013	10:30	3,61	4,29	11,43
			15/05/2013	10:05	4,53	9,37	35,59
			03/06/2013	12:30	3,62	2,81	19,18
			14/06/2013	9:05	5,92	2,09	7,881
			04/01/2010	10:00	1,6	8,84	40,815
			18/01/2010	10:25	1,4	50,76	162,5
			01/02/2010	10:35	2,9	4,57	15,195
			15/02/2010	10:05	3,2	10,7	19,543
			01/03/2010	10:00	2,8	5,2	30,036
			15/03/2010	9:05	2,9	6,64	36,625
			05/04/2010	10:45	2,7	5,39	23,149
			19/04/2010	13:40	2,8	14,65	32,201
			03/05/2010	11:05	2,9	16,12	44,601
			17/05/2010	10:52	3,3	6,41	27,169
			01/06/2010	9:25	4	9,47	29,891
			15/06/2010	11:20	2,7	6	30,164
			01/07/2010	13:56	3,1	11,91	74,865
			16/07/2010	10:52	3,7	16,59	38,23
			02/08/2010	10:57	4,4	11,11	61,781
			16/08/2010	10:39	tt	13,39	88,794
			02/09/2010	8:55	2,71	10,2	39,343
			14/09/2010	11:20	2,43	10,61	48,906
			04/10/2010	10:20	0,2	37,56	95,964
			19/10/2010	10:40	1,19	7,58	32,188
			01/11/2010	12:35	2,94	7,06	26,761
			16/11/2010	10:43	0,85	22,29	79,628
			01/12/2010	9:05	2,52	4,99	26,465
			17/12/2010	13:05	2,78	5,75	31,265
			03/01/2011	10:08	3,15	7,73	33,729
			17/01/2011	10:02	3,49	7,26	41,837
			01/02/2011	10:10	3,9	5,31	24,222
			16/02/2011	10:55	3,6	6,28	25,4
			01/03/2011	9:43	3,01	5,31	23,078
			15/03/2011	11:30	3,01	4,97	26,902
			01/04/2011	12:35	3,01	7,38	25,844
			14/04/2011	13:20	3,84	6,93	32,596
			02/05/2011	15:02	3,02	5,68	28,081
			18/05/2011	15:45	2,99	4,69	25,118
			01/06/2011	9:55	2,78	10,9	61,248
			15/06/2011	10:57	2,91	14,66	79,386
			01/07/2011	10:00	2,99	12,02	55,758



18/07/2011	11:45	2,99	14,85	84,878
01/08/2011	15:01	2,81	21,06	95,494
15/08/2011	10:05	0	20,71	82,617
06/09/2011	10:20	0,9	14,05	46,636
16/09/2011	9:40	1,99	36,74	87,402
03/10/2011	11:15	3,01	9,81	52,48
14/10/2011	9:55	2,51	10,46	51,5
01/11/2011	11:20	1,73	20,55	92,81
15/11/2011	9:57	2,71	5,46	45,15
05/12/2011	11:20	3,32	3,88	20,09
19/12/2011	11:55	2,99	5,32	25,94
03/01/2012	10:05	1,98	22,78	56,29
17/01/2012	11:00	3,01	5,06	25,06
01/02/2012	10:10	3,32	4,19	21,8
16/02/2012	11:30	2,87	7,4	38,57
01/03/2012	10:30	1,3	29,37	116,9
15/03/2012	10:39	3,15	4,62	25,64
02/04/2012	10:05	2,52	6,25	32,28
16/04/2012	11:10	1,01	37,09	113
01/05/2012	11:30	2,12	9,88	41,95
15/05/2012	11:40	2,01	6,51	38,45
01/06/2012	11:40	2,59	48,85	56
15/06/2012	16:00	2,13	37,31	10
02/07/2012	9:50	0,8	12,2	72,79
17/07/2012	9:55	0,81	12,2	54,3
01/08/2012	10:50	1,91	26,59	71,76
13/08/2012	10:40	1,1	13,95	78,75
03/09/2012	11:10	1,1	21,87	84,14
14/09/2012	12:50	0,8	9,99	52,34
03/10/2012	10:35	1	8,71	64,07
15/10/2012	10:39	1,15	14,36	54,7
01/11/2012	11:05	1,1	9,87	58,61
14/11/2012	11:40	0,9	8,47	48,65
03/12/2012	12:50	1,1	14,88	58,36
14/12/2012	9:30	1	10,16	60,15
02/01/2013	11:10	1,98	3,55	21,91
15/01/2013	11:20	2,91	4,32	32,25
01/02/2013	12:55	3,01	6,7	30,51
19/02/2013	10:35	1,11	4,12	20,99
01/03/2013	10:00	3,25	5,65	27,85
15/03/2013	10:25	2,97	4,62	20,4
01/04/2013	9:20	2,01	21,13	41,41

7	Bambe Tambangan	Surabaya	15/04/2013	11:05	3,31	7,33	52,57
			01/05/2013	10:50	2,51	8,03	49,55
			15/05/2013	10:20	2,03	9,9	47,22
			03/06/2013	13:05	2,1	4,99	35,19
			14/06/2013	9:25	2,1	3,01	14,74
			06/01/2010	10:55	4,9	7,26	17,835
			08/02/2010	11:17	3,8	5,7	25,546
			03/03/2010	11:10	4,1	8,17	40,231
			08/04/2010	11:05	4,1	3,08	10,785
			10/05/2010	18:30	3,9	8,95	40,963
			10/06/2010	11:22	3,4	4,41	19,584
			06/07/2010	12:42	4,2	3,48	12,749
			05/08/2010	12:45	3,63	13,4	48,444
			07/09/2010	11:03	3,76	4,16	14,686
			15/10/2010	11:29	3,48	7,12	30,346
			09/11/2010	12:25	2,81	4,49	21,522
			06/12/2010	11:40	3,35	5,1	25,194
			10/01/2011	11:45	3,37	7,07	27,977
			09/02/2011	10:50	3,54	4,8	19,21
			07/03/2011	12:00	4,93	5,66	31,505
			11/04/2011	14:35	3,17	11,58	54,905
			11/05/2011	11:05	3,72	5,32	29,187
			07/06/2011	13:30	4,49	5	21,482
			05/07/2011	14:05	3,99	4,09	17,703
			10/08/2011	10:29	4,98	3,33	15,701
			14/09/2011	11:29	4,02	1,39	7,656
			12/10/2011	11:30	4,17	5,1	21,3
			10/11/2011	11:45	4,91	3,39	15,56
			08/12/2011	14:02	3,01	3,87	15,52
			09/01/2012	11:25	3,9	4,45	25,72
			09/02/2012	11:35	4,11	3,71	9,68
			12/03/2012	13:00	4,91	3,69	20,88
			11/04/2012	11:03	3,58	3,03	15,51
			09/05/2012	10:28	3,1	4,44	17,13
			05/06/2012	15:30	3,55	14,57	16
			12/07/2012	12:40	4,97	2,24	12,26
			03/08/2012	12:38	3,65	6,58	15,42
			10/09/2012	10:50	4,01	2,13	9,758
			04/10/2012	11:22	3,98	2,06	11,18
			08/11/2012	11:40	3,61	2,43	9,753
			05/12/2012	11:50	4,92	10,15	41,36
			07/01/2013	12:35	3,9	5,5	31,11

			05/02/2013	11:00	3,79	4,27	23,23
			05/03/2013	11:05	3,98	3,06	20,11
			05/04/2013	11:00	4,12	4,38	23,05
			07/05/2013	12:05	3,44	4,61	9,87
			07/06/2013	13:30	3,96	5,09	34,28
8	Karangpilang	Surabaya	04/01/2010	10:25	3,9	9,33	52,822
			18/01/2010	11:00	3,7	4,16	16,178
			01/02/2010	11:05	3,3	4,41	15,557
			15/02/2010	11:00	3,8	9,24	29,894
			01/03/2010	10:50	3,9	8,21	47,186
			15/03/2010	9:30	3,9	4,44	15,684
			05/04/2010	11:05	3,9	9,29	30,976
			19/04/2010	14:10	5,2	17,75	45,358
			03/05/2010	11:55	3,9	6,88	26,256
			17/05/2010	11:53	4	6,5	30,636
			01/06/2010	10:00	3,5	3,33	12,544
			15/06/2010	12:05	3,5	5,29	22,594
			01/07/2010	14:22	4,2	4,03	9,93
			16/07/2010	11:08	4,2	3,78	10,486
			02/08/2010	11:35	4,3	3,78	12,454
			16/08/2010	10:53	3,25	2,39	10,281
			02/09/2010	9:10	3,65	4,01	12,701
			14/09/2010	11:55	4,43	7,75	31,019
			04/10/2010	10:35	3,12	6,27	13,859
			19/10/2010	10:58	2,2	6,37	27,477
			01/11/2010	12:50	3,64	7,14	39,219
			16/11/2010	11:25	3,52	3,85	15,263
			01/12/2010	9:25	3,2	6,41	37,553
			17/12/2010	13:30	2,99	5,35	25,737
			03/01/2011	10:20	3,37	5,21	24,688
			17/01/2011	10:22	3,98	3,8	19,503
			01/02/2011	10:25	4,81	6,9	23,353
			16/02/2011	11:40	4,11	5,54	24,487
			01/03/2011	10:10	3,6	6,9	44,718
			15/03/2011	11:50	3,89	3,58	15,006
			01/04/2011	9:40	4,42	8,76	42,917
			14/04/2011	12:50	3,99	7,41	38,895
			02/05/2011	14:21	4,01	7,69	37,721
			18/05/2011	15:20	3,86	3,66	14,153
			01/06/2011	10:13	3,95	2,93	9,364
			15/06/2011	11:10	3,45	4,47	16,89
			01/07/2011	10:20	3,98	5,04	22,693

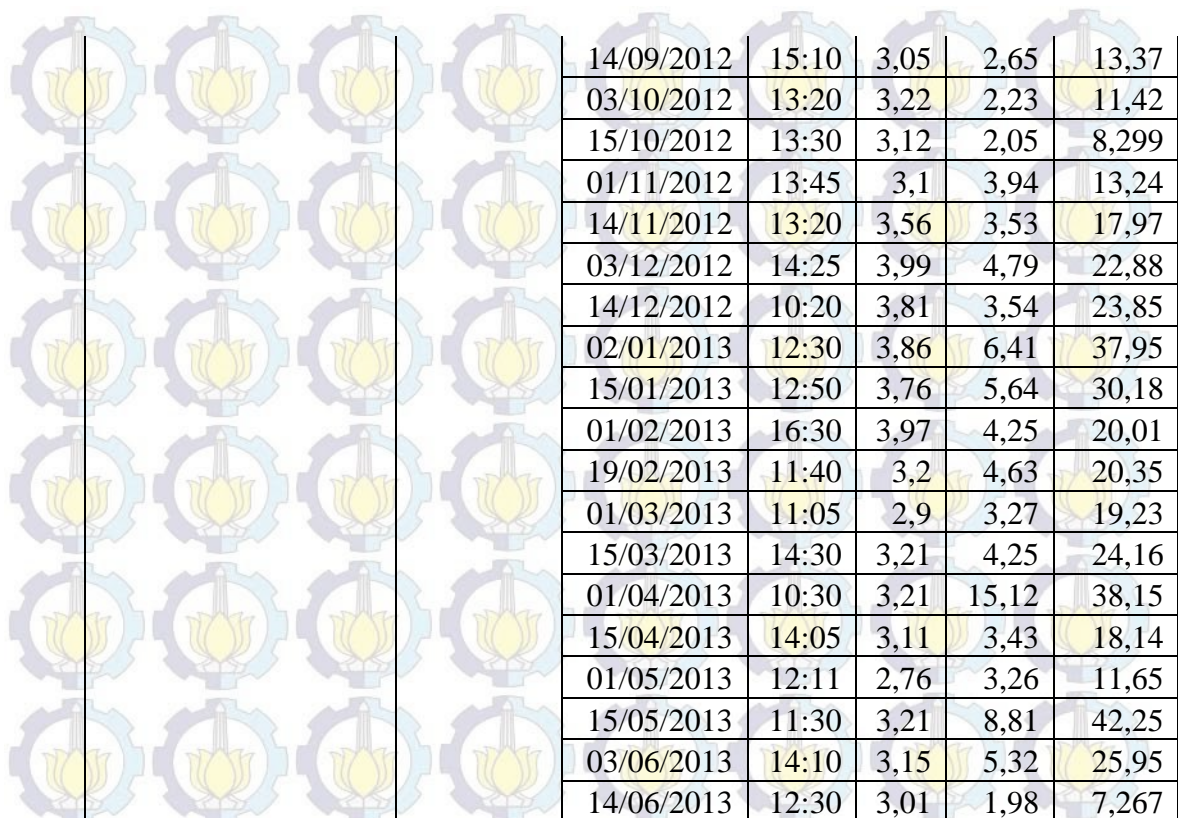
				18/07/2011	12:10	4,12	5,01	17,611
				01/08/2011	14:45	3,91	4,43	17,778
				15/08/2011	10:25	3,33	2,49	9,365
				06/09/2011	10:40	3,21	6,61	12,321
				16/09/2011	9:55	4,01	3,52	14,179
				03/10/2011	11:35	3,69	2,82	12,65
				14/10/2011	10:15	3,98	3,27	12,9
				01/11/2011	11:40	3,55	4,14	20,72
				15/11/2011	10:20	3,97	2,6	12,12
				05/12/2011	11:40	3,53	5,53	31,44
				19/12/2011	12:20	4,97	3,75	19,11
				03/01/2012	10:50	3,53	4,12	20,98
				17/01/2012	11:40	3,98	6,73	32,64
				01/02/2012	11:16	3,98	5,13	26,63
				16/02/2012	12:20	4,21	5,85	29,9
				01/03/2012	10:40	4,92	3,36	17,1
				15/03/2012	10:58	3,74	4,72	22,64
				02/04/2012	10:30	4,67	4,59	29,47
				16/04/2012	11:35	3,91	2,79	7,819
				01/05/2012	11:50	4,01	3,27	13,97
				15/05/2012	12:00	3,98	4,16	13,2
				01/06/2012	11:50	3,72	10,97	24
				15/06/2012	15:46	3,38	15,38	32
				02/07/2012	10:10	3,11	4,19	16,41
				17/07/2012	10:15	3,87	2,51	12,05
				01/08/2012	11:05	4,98	2,85	6,85
				13/08/2012	11:38	3,5	3,66	17,23
				03/09/2012	11:50	3,71	2,22	7,665
				14/09/2012	13:10	3,31	2,11	10,05
				03/10/2012	11:00	3,69	2,49	10,85
				15/10/2012	12:35	3,99	2,05	8,636
				01/11/2012	11:30	3,95	4,05	13,1
				14/11/2012	12:10	3,91	2,28	10,76
				03/12/2012	13:00	4,89	4,86	24,05
				14/12/2012	9:50	4,91	5,05	32,06
				02/01/2013	11:40	4,92	4,27	29,93
				15/01/2013	11:50	4,01	4,06	31,88
				01/02/2013	13:25	4,12	4,85	28,36
				19/02/2013	11:05	3,73	4,33	20,84
				01/03/2013	10:35	4,94	4,11	21,85
				15/03/2013	10:50	3,91	5,08	25,64
				01/04/2013	9:45	4,01	15	34,49

9	Jembatan Sepanjang	Surabaya	15/04/2013	11:45	3,97	7,99	49,73
			01/05/2013	11:25	3,1	3,92	11,79
			15/05/2013	10:45	3,76	8,09	39,86
			03/06/2013	13:30	3,41	3,34	26,55
			14/06/2013	10:00	4,01	2,1	7,006
			06/01/2010	10:45	3,5	8,42	21,613
			08/02/2010	12:55	2,8	6,73	24,408
			03/03/2010	11:35	3,9	10,53	50,262
			08/04/2010	11:30	3,9	3,14	10,023
			10/05/2010	17:50	4	8,81	39,828
			10/06/2010	12:10	3,5	3,94	17,41
			06/07/2010	13:03	3,9	4,13	12,386
			05/08/2010	13:35	3,41	6,71	20,665
			07/09/2010	11:30	4,17	5,37	17,548
			15/10/2010	11:46	3,34	6,75	37,548
			09/11/2010	13:05	3,28	6,38	29,156
			06/12/2010	12:02	4,13	5,19	24,12
			10/01/2011	12:15	2,93	5,99	28,181
			09/02/2011	11:13	3,47	4,82	13,636
			07/03/2011	12:22	4,57	6,02	31,453
			11/04/2011	14:00	3,4	7,52	47,607
			11/05/2011	11:20	4,99	4,86	21,193
			07/06/2011	13:50	4,24	3,79	17,276
			05/07/2011	13:44	3,98	4,54	17,135
			10/08/2011	10:55	4,71	3,36	14,467
			14/09/2011	11:50	3,98	2,15	8,887
			12/10/2011		4,22	2,74	10,52
			10/11/2011	12:05	4,92	4,03	19,31
			08/12/2011	14:23	4,01	3,34	14,14
			09/01/2012	11:50	3,75	4,15	18,78
			09/02/2012	11:55	3,8	3,48	11,94
			12/03/2012	13:20	4,11	5,62	26,21
			11/04/2012	11:30	3,78	2,88	13,59
			09/05/2012	10:50	3,41	4,03	19,8
			05/06/2012	16:10	3,41	8,451	18
			12/07/2012	13:00	3,71	2,53	12,5
			03/08/2012	12:50	3,41	2,65	8,091
			10/09/2012	11:25	3,98	2,04	9,039
			04/10/2012	11:40	3,89	4,84	24,58
			08/11/2012	12:00	3,71	1,89	6,186
			05/12/2012	12:15	4,71	4,53	26,43
			07/01/2013	13:05	3,91	5,57	31,26

10	Bend, Gunungsari	Surabaya	05/02/2013	11:20	3,8	5,8	36,76
			05/03/2013	11:55	4,23	8,1	47,19
			05/04/2013	11:25	3,51	3,29	16,11
			07/05/2013	12:35	3,29	6,03	16,41
			07/06/2013	13:45	3,83	4,75	33,87
			06/01/2010	11:50	3,3	5,76	12,4
			08/02/2010	13:16	2,1	4,85	11,003
			03/03/2010	12:15	3,5	3,19	13,557
			08/04/2010	14:00	3,4	3,07	9,261
			10/05/2010	16:42	3,8	6,03	28,37
			10/06/2010	12:42	3,3	3,47	13,268
			06/07/2010	13:30	4,2	3,91	12,749
			05/08/2010	14:02	4,07	4,18	16,125
			07/09/2010	12:00	5,14	4,45	14,218
			15/10/2010	15:59	2,86	9,02	46,499
			09/11/2010	13:40	2,94	5,39	30,188
			06/12/2010	13:15	3,42	6,47	28,722
			10/01/2011	12:45	3,39	6,47	38,615
			09/02/2011	13:03	3,39	3,38	15,579
			07/03/2011	14:00	3,98	4,77	19,306
			11/04/2011	13:13	3,69	4,95	20,058
			11/05/2011	11:55	3,92	4,18	18,099
			07/06/2011	14:15	5,9	3,41	14,045
			05/07/2011	13:20	3,72	3,18	10,321
			10/08/2011	11:20	3,41	2,93	11,589
			14/09/2011	12:45	3,33	2,3	9,861
			12/10/2011	13:20	3,11	2,31	10,16
			10/11/2011	12:35	3,91	2,47	11,66
			08/12/2011	15:00	3,45	3,88	14,09
			09/01/2012	12:25	3,29	4,36	18,01
			09/02/2012	12:55	3,19	2,42	8,189
			12/03/2012	13:50	4,21	5,31	15,92
			11/04/2012	11:56	3,21	2,86	11,81
			09/05/2012	13:05	3,23	4,29	21,41
			05/06/2012	16:35	3,13	11,94	32
			12/07/2012	13:25	3,12	2,52	7,585
			03/08/2012	13:18	3,15	2,38	5,413
			10/09/2012	15:15	3,12	2,05	9,052
			04/10/2012	12:10	3,11	3,1	13,19
			08/11/2012	15:45	3,11	3,9	15,66
			05/12/2012	12:40	3,99	3,41	16,75
			07/01/2013	14:00	3,87	4,35	17

11	Muara Kali Kedurus	Kedurus	05/02/2013	13:05	3,71	4,77	20,9
			05/03/2013	12:25	4,1	3,28	20,8
			05/04/2013	11:50	3,31	4,18	13,2
			07/05/2013	13:05	2,62	5,38	16,79
			07/06/2013	15:45	3,41	5	36,67
			06/01/2010	12:15	2,1	8,92	22,881
			08/04/2010	13:40	2,9	5,99	16,018
			06/07/2010	13:45	2,7	7,4	33,278
			15/10/2010	15:55	2,67	4,92	21,857
			10/01/2011	12:55	2,13	4,81	23,142
			11/04/2011	13:00	2	6,92	30,851
			05/07/2011	12:55	2,71	13,41	61,172
			12/10/2011	13:10	0,97	6,37	31,22
			05/01/2012	12:35	1,4	4,18	18,11
			11/04/2012	12:05	2,01	4,13	22,48
			12/07/2012	13:35	1,2	7,82	29,24
			04/10/2012	12:20	2,1	4,87	24,49
			07/01/2013	13:25	1,1	3,38	17,16
			05/04/2013	12:05	2,31	5,43	20,5
12	Ngagel / Jagir	Surabaya	04/01/2010	11:00	3,6	3,86	24,097
			18/01/2010	12:00	3	3,96	14,677
			01/02/2010	12:00	3,1	3,3	14,263
			15/02/2010	11:30	3,2	8,55	26,116
			01/03/2010	12:10	3,1	4,92	22,701
			15/03/2010	10:15	3,1	5,78	15,942
			05/04/2010	11:40	3,4	3,7	14,909
			19/04/2010	14:45	4,5	14,85	42,976
			03/05/2010	12:45	3,1	3,59	12,004
			17/05/2010	13:02	3,5	6,57	29,083
			01/06/2010	10:50	3,1	3,12	13,114
			15/06/2010	13:30	3,2	4,07	19,401
			01/07/2010	15:17	3,5	3,93	12,201
			16/07/2010	11:50	3,7	3,23	9,355
			02/08/2010	15:17	4,2	4,85	13,63
			16/08/2010	11:30	3,23	3,61	11,112
			02/09/2010	10:30	4,67	2,84	10,644
			14/09/2010	12:35	3,95	4,81	18,184
			04/10/2010	12:30	2,91	3,55	11,781
			19/10/2010	12:30	2,1	6,22	32,29
			01/11/2010	13:35	5,67	8,32	48,73
			16/11/2010	12:20	2,21	4,04	15,263
			01/12/2010	10:15	3,1	5,15	24,267

					17/12/2010	13:50	2,92	4,45	21,071
					03/01/2011	11:10	3,81	6,13	29,898
					17/01/2011	11:10	3,29	3,78	13,701
					01/02/2011	11:10	3,61	6,72	21,973
					16/02/2011	12:30	3,92	5,93	23,676
					01/03/2011	11:35	3,24	6,72	35,612
					15/03/2011	12:50	3,11	3,54	15,771
					01/04/2011	10:59	3,72	9,31	41,071
					14/04/2011	12:00	3,71	6,48	33,637
					02/05/2011	13:47	3,92	8,44	43,772
					18/05/2011	14:40	3,14	4,71	16,193
					01/06/2011	10:57	3,12	2,29	8,648
					15/06/2011	12:05	3,81	3,06	11,612
					01/07/2011	11:00	3,21	4,7	15,031
					18/07/2011	12:40	3,16	3,19	13,421
					01/08/2011	14:00	3,2	4,55	17,83
					15/08/2011	11:55	3,34	1,41	9,518
					06/09/2011	13:25	3,01	3,97	10,437
					16/09/2011	11:15	3,01	2,11	7,849
					03/10/2011	12:59	3,1	3,36	13,37
					14/10/2011	11:05	3,1	3,81	11,72
					01/11/2011	13:01	3,23	4,34	17,59
					15/11/2011	12:20	3,44	2,93	11,96
					05/12/2011	13:25	5,07	4,26	26,35
					19/12/2011	13:10	3,62	5,79	16,59
					03/01/2012	12:45	3,68	3,39	18,58
					17/01/2012	14:05	3,25	6,4	32,03
					01/02/2012	12:45	3,33	3,8	21,49
					16/02/2012	13:10	3,41	4,98	24,34
					01/03/2012	11:25	4,71	5,04	19,04
					15/03/2012	12:11	3,27	1,44	7,902
					02/04/2012	11:25	4,67	4,44	23,91
					16/04/2012	12:15	3,21	2,61	7,053
					01/05/2012	13:15	3,02	6,66	34,99
					15/05/2012	12:30	3,62	2,71	11,76
					01/06/2012	13:15	3,59	8,086	22
					15/06/2012	14:30	3,52	13,58	36
					02/07/2012	13:40	2,97	3,47	15,24
					17/07/2012	11:10	3,09	2,3	12,8
					01/08/2012	12:40	3,25	3,2	9,896
					13/08/2012	13:50	3,13	3,73	3,13
					03/09/2012	13:00	3,1	3,28	12,55



14/09/2012	15:10	3,05	2,65	13,37
03/10/2012	13:20	3,22	2,23	11,42
15/10/2012	13:30	3,12	2,05	8,299
01/11/2012	13:45	3,1	3,94	13,24
14/11/2012	13:20	3,56	3,53	17,97
03/12/2012	14:25	3,99	4,79	22,88
14/12/2012	10:20	3,81	3,54	23,85
02/01/2013	12:30	3,86	6,41	37,95
15/01/2013	12:50	3,76	5,64	30,18
01/02/2013	16:30	3,97	4,25	20,01
19/02/2013	11:40	3,2	4,63	20,35
01/03/2013	11:05	2,9	3,27	19,23
15/03/2013	14:30	3,21	4,25	24,16
01/04/2013	10:30	3,21	15,12	38,15
15/04/2013	14:05	3,11	3,43	18,14
01/05/2013	12:11	2,76	3,26	11,65
15/05/2013	11:30	3,21	8,81	42,25
03/06/2013	14:10	3,15	5,32	25,95
14/06/2013	12:30	3,01	1,98	7,267

Sumber : Perum Jasa Tirta I Malang, 2014

KETERANGAN :

- Data pemantauan satu bulan pada tanggal yang sama
- tt = tidak terdeteksi (terjadi di Muara Kali Tengah pada tanggal 16/08/10 untuk parameter DO)

Perhitungan Penentuan Status Mutu Air dengan Indeks Pencemaran

Berikut akan diberikan proses penentuan status mutu air dengan metode Indeks Pencemaran. Rumus Indeks Pencemaran yang digunakan berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2013 :

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M^2 + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R^2}{2}}$$

Dengan :

i = titik pantau ($i = 1, 2, \dots, 12$)

j = baku mutu ($j = 1, 2, 3$; dengan 1 = BOD, 2 = COD, 3 = DO)

IP_j = Indeks Pencemaran berdasarkan baku mutu (j)

C_i = Konsentrasi parameter kualitas air pada titik (i) saat pengukuran

L_{ij} = Konsentrasi parameter kualitas air pada titik (i) dalam baku mutu (j)

$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M$ = Nilai $\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)$ maksimum pada titik (i) dalam baku mutu (j)

$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R$ = Nilai $\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)$ rata – rata pada titik (i) dalam baku mutu (j)

Berikut akan disajikan contoh perhitungan analisis penentuan status mutu air untuk titik pantau Jembatan Cangu pada periode bulan Januari tahun 2010 :

1. C_i diambil dari hasil pengukuran tiap bulan. Jika terdapat lebih dari satu data maka akan diambil nilai rata-rata dari setiap masing-masing parameter yang akan diuji.

2. Menghitung nilai $\frac{C_i}{L_{ix}}$ dan $\frac{C_i}{L_{ix}}$ baru :

a. Baku mutu BOD (L_{ix}) yaitu 3 mg/l (sesuai dengan PP. RI No.82 Tahun 2001)

Nilai mutu air rata-rata BOD ($C_{i \text{ rata-rata}}$) = 5,5967 mg/l (Berdasarkan titik pantau Jembatan Cangu , Priode Januari-Maret 2010)

$$\text{Nilai } \frac{C_i}{L_{ix}} = \frac{5,5967}{3} = 1,866$$

Karena nilai $\frac{C_i}{L_{ix}} > 1$, maka menggunakan nilai $\frac{C_i}{L_{ix}}$ baru

$$\frac{C_i}{L_{ix}} \text{ baru} = 1,0 + \left(P \cdot \log \frac{C_i}{L_{ij}} \text{ hasil pengukuran} \right)$$

dengan P merupakan suatu konstanta yang nilainya ditentukan 5 (berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2003).

Maka $\frac{C_i}{L_{ix}}$ baru untuk titik pantau Karangpilang bulan Januari 2010,

$$\frac{C_i}{L_{ix}} \text{ baru} = 1,0 + (5 \cdot \log(1,866))$$

$$\frac{C_i}{L_{ix}} \text{ baru} = 2,354$$

b. Baku mutu COD (L_{ix}) yaitu 25 mg/l (sesuai dengan PP. RI No.82 Tahun 2001)

Nilai mutu air rata-rata COD ($C_{i \text{ rata-rata}}$) = 22,01 mg/l (Berdasarkan titik pantau Jembatan Cangu , Priode Januari-Maret 2010)

$$\text{Nilai } \frac{C_i}{L_{ix}} = \frac{22,01}{25} = 0,880$$

Karena nilai $\frac{C_i}{L_{ix}} < 1$, maka tidak perlu dicari nilai $\frac{C_i}{L_{ix}}$ baru

c. Baku mutu air DO untuk kelas 2 (L_{ix}) yaitu 4 mg/l (sesuai dengan PP RI. NO.82 Tahun 2001.

Nilai mutu air rata-rata DO ($C_{i \text{ rata-rata}}$) = 6,433 (Berdasarkan titik pantau Jembatan Cangu , Priode Januari-Maret 2010)

$$\text{Nilai } \frac{C_i}{L_{ix}} = \frac{6,433}{4} = 1,608$$

Karena nilai $\frac{C_i}{L_{ix}} > 1$, maka menggunakan nilai $\frac{C_i}{L_{ix}}$ baru

$$\frac{C_i}{L_{ij}} \text{ baru} = 1,0 + \left(P \cdot \log \frac{C_i}{L_{ij}} \text{ hasil pengukuran} \right)$$

$$\frac{C_i}{L_{ij}} \text{ baru} = 1,0 + (5 \cdot \log(1,608))$$

$$\frac{C_i}{L_{ij}} \text{ baru} = 2,032$$

d. Jika nilai baku L_{ij} memiliki rentang

➤ Untuk $C_i < L_{ij} \text{ rata-rata}$

$$\frac{C_i}{L_{ij}} \text{ baru} = \frac{(C_i - L_{ij} \text{ rata-rata})}{\{(L_{ij})_{\min} - (L_{ij} \text{ rata-rata})\}}$$

➤ Untuk $C_i > L_{ij} \text{ rata-rata}$

$$\frac{C_i}{L_{ij}} \text{ baru} = \frac{(C_i - L_{ij} \text{ rata-rata})}{\{(L_{ij})_{\max} - (L_{ij} \text{ rata-rata})\}}$$

Baku mutu air pH untuk air minum (L_{ix}) yaitu 6 – 9 mg/l (sesuai dengan PP.RI No.82 Tahun 2001)

Nilai mutu air rata-rata pH ($C_{i \text{ rata-rata}}$) = 7,3 (Berdasarkan titik pantau Jembatan Cangu , Priode Januari-Maret 2010)

$$L_{ix} \text{ rata-rata} = \frac{6 + 9}{2} = 7,5$$

Jadi, $C_i < L_{ix}$ rata-rata menggunakan rumus :

$$\frac{C_i}{L_{ij}} \text{ baru} = \frac{7,3 - 7,5}{6 - 7,5} = 0,133$$

Lakukanlah hal yang sama untuk tiap-tiap parameter sesuai dengan ketentuan-ketentuan di atas.

3. Menghitung nilai rata-rata $\left(\left(\frac{C_i}{L_i}\right)_R\right)$ dan nilai maksimum $\left(\left(\frac{C_i}{L_i}\right)_M\right)$ dari keseluruhan $\frac{C_i}{L_{ix}}$ baru.

Pada contoh ini nilai rata-rata $\left(\left(\frac{C_i}{L_i}\right)_R\right) = 1,755$ dan nilai $\left(\left(\frac{C_i}{L_i}\right)_M\right) = 2,354$ (Perhitungan Titik Pantau Jembatan Cangu , Priode Januari-Maret 2010)

4. Menghitung harga IP_j

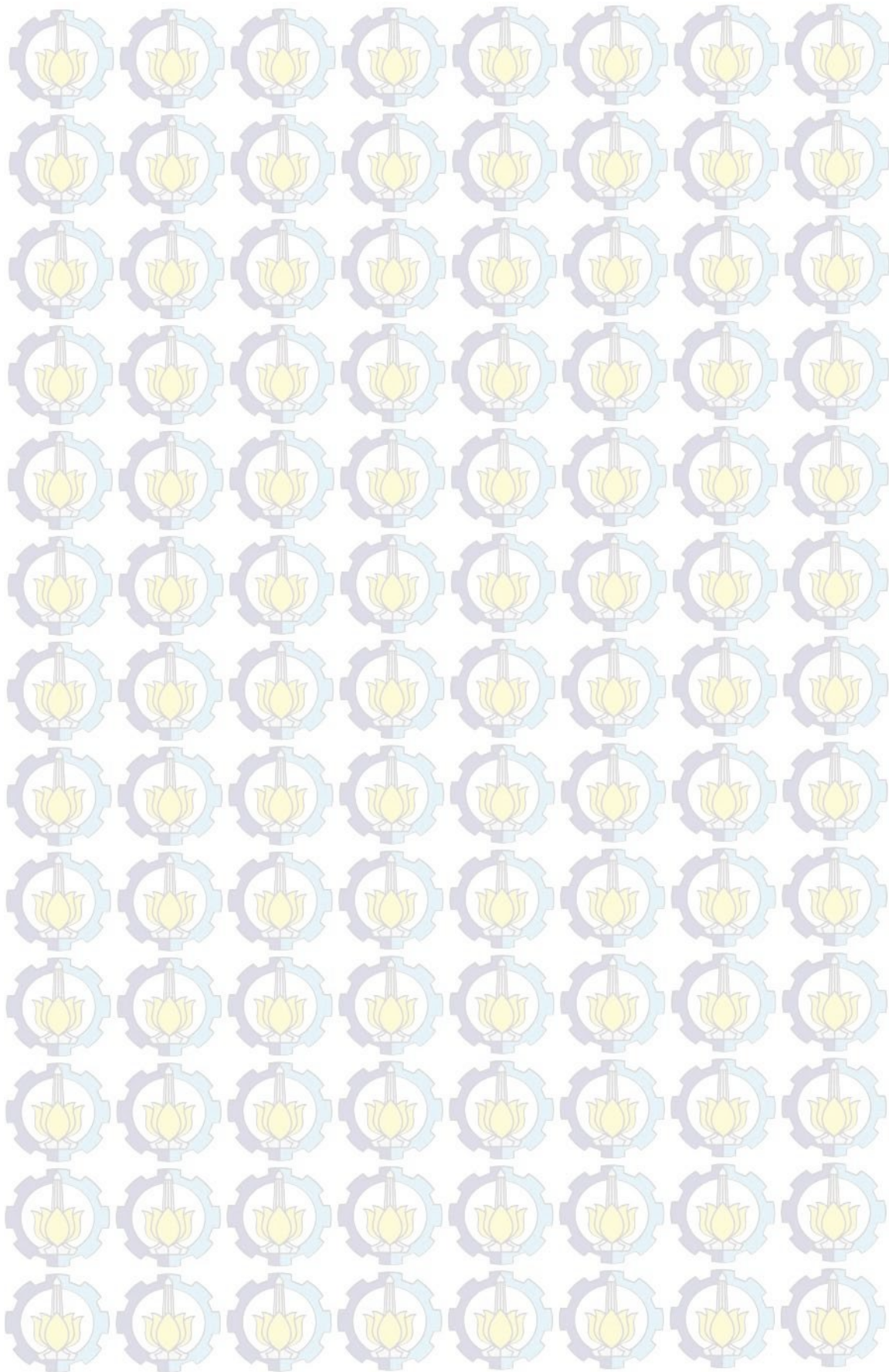
$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M\right)^2 + \left(\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R\right)^2}{2}}$$

$$IP_j = \sqrt{\frac{(2,354)^2 + (1,755)^2}{2}} = 2,076$$

Pada contoh ini nilai IP_j adalah 2,076. Hal ini mengartikan bahwa monitoring titik pantau Jembatan Cangu , Priode Januari-Maret 2010 mempunyai mutu air Tercemar Ringan untuk peruntukan bahan baku air minum. Dilakukan proses yang sama untuk seluruh titik pantau dalam periode yang ditentukan.

Proses yang sama dilakukan untuk setiap periode pelatihan. Status mutu secara lengkap untuk seluruh titik pantau pada setiap waktu pantau disajikan pada tabel berikut ini.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"



Periode 1 (Januari-Maret 2010)

Lokasi	BOD	COD	DO	IP	Status Mutu Air
1	6,48	17,99	6,4	2,2799	Tercemar Ringan
1	5,9	30,101	6,4	2,2307	Tercemar Ringan
1	4,41	17,939	6,5	1,8138	Tercemar Ringan
2	6,72	13,953	5,9	2,2935	Tercemar Ringan
2	5,74	70,101	4,8	2,8287	Tercemar Ringan
2	7,63	21,992	5,8	2,5288	Tercemar Ringan
3	8,82	23,321	5,8	2,7637	Tercemar Ringan
3	4,87	12,038	4,4	1,6979	Tercemar Ringan
3	4,97	16,318	6	1,8405	Tercemar Ringan
4	9,48	24,666	5,7	2,8797	Tercemar Ringan
4	6,03	28,807	4,3	2,1315	Tercemar Ringan
4	5,03	24,019	5,9	1,8975	Tercemar Ringan
5	6,1	31,68	5,8	2,2666	Tercemar Ringan
5	2,97	9,347	5,9	1,5072	Tercemar Ringan
5	4,26	19,672	5,9	1,6649	Tercemar Ringan
5	9,47	30,8	3,7	2,8335	Tercemar Ringan
5	8,11	45,843	5,9	2,8228	Tercemar Ringan
5	4,34	12,332	5,5	1,5831	Tercemar Ringan
6	8,84	40,815	1,6	2,7342	Tercemar Ringan
6	50,76	162,5	1,4	5,8535	Tercemar Sedang
6	4,57	15,195	2,9	1,5548	Tercemar Ringan
6	10,7	19,543	3,2	2,9427	Tercemar Ringan
6	5,2	30,036	2,8	1,8524	Tercemar Ringan
6	6,64	36,625	2,9	2,2939	Tercemar Ringan
7	7,26	17,835	4,9	2,3854	Tercemar Ringan
7	5,7	25,546	3,8	1,984	Tercemar Ringan
7	8,17	40,231	4,1	2,6871	Tercemar Ringan
8	9,33	52,822	3,9	2,9615	Tercemar Ringan
8	4,16	16,178	3,7	1,4353	Tercemar Ringan
8	4,41	15,557	3,3	1,5118	Tercemar Ringan
8	9,24	29,894	3,8	2,7898	Tercemar Ringan
8	8,21	47,186	3,9	2,7299	Tercemar Ringan
8	4,44	15,684	3,9	1,5415	Tercemar Ringan
9	8,42	21,613	3,5	2,5749	Tercemar Ringan
9	6,73	24,408	2,8	2,21	Tercemar Ringan
9	10,53	50,262	3,9	3,1366	Tercemar Ringan
10	5,76	12,4	3,3	1,9224	Tercemar Ringan
10	4,85	11,003	2,1	1,6093	Tercemar Ringan
10	3,19	13,557	3,5	1,0018	Tercemar Ringan
11	8,92	22,881	2,1	2,6361	Tercemar Ringan
12	3,86	24,097	3,6	1,3578	Tercemar Ringan
12	3,96	14,677	3	1,3284	Tercemar Ringan
12	3,3	14,263	3,1	1,0442	Tercemar Ringan
12	8,55	26,116	3,2	2,6162	Tercemar Ringan
12	4,92	22,701	3,1	1,7133	Tercemar Ringan
12	5,78	15,942	3,1	1,938	Tercemar Ringan

Periode 2 (April-Juni 2010)

Lokasi	BOD	COD	DO	IP	Status Mutu Air
1	3,8	12,411	6,7	1,7874	Tercemar Ringan
1	7,53	38,951	6,6	2,6936	Tercemar Ringan
1	3,48	10,524	7,2	1,8678	Tercemar Ringan
2	3,2	10,785	6,1	1,5849	Tercemar Ringan
2	14,72	68,508	4,9	3,8082	Tercemar Ringan
2	3,06	13,112	5,7	1,4776	Tercemar Ringan
3	3,66	12,055	6	1,6025	Tercemar Ringan
3	7,2	37,454	4,8	2,5152	Tercemar Ringan
3	3,18	11,249	5,1	1,3046	Tercemar Ringan
4	3,54	11,649	5,9	1,5646	Tercemar Ringan
4	14,77	50,667	4,5	3,7059	Tercemar Ringan
4	3,34	13,164	5,5	1,4465	Tercemar Ringan
5	6,16	30,693	5,3	2,2443	Tercemar Ringan
5	12,96	56,418	5,4	3,582	Tercemar Ringan
5	5,72	16,565	4,9	2,0027	Tercemar Ringan
5	6,37	37,776	4,7	2,3224	Tercemar Ringan
5	3,55	15,03	4,7	1,2424	Tercemar Ringan
5	7,43	31,863	3,3	2,4457	Tercemar Ringan
6	5,39	23,149	2,7	1,848	Tercemar Ringan
6	14,65	32,201	2,8	3,5159	Tercemar Ringan
6	16,12	44,601	2,9	3,7489	Tercemar Ringan
6	6,41	27,169	3,3	2,1705	Tercemar Ringan
6	9,47	29,891	4	2,8346	Tercemar Ringan
6	6	30,164	2,7	2,0754	Tercemar Ringan
7	3,08	10,785	4,1	0,958	Status Baik
7	8,95	40,963	3,9	2,825	Tercemar Ringan
7	4,41	19,584	3,4	1,5347	Tercemar Ringan
8	9,29	30,976	3,9	2,8102	Tercemar Ringan
8	17,75	45,358	5,2	4,0049	Tercemar Ringan
8	6,88	26,256	3,9	2,2916	Tercemar Ringan
8	6,5	30,636	4	2,2461	Tercemar Ringan
8	3,33	12,544	3,5	1,0625	Tercemar Ringan
8	5,29	22,594	3,5	1,8395	Tercemar Ringan
9	3,14	10,023	3,9	0,9717	Status Baik
9	8,81	39,828	4	2,7957	Tercemar Ringan
9	3,94	17,41	3,5	1,3502	Tercemar Ringan
10	3,07	9,261	3,4	0,9153	Status Baik
10	6,03	28,37	3,8	2,1009	Tercemar Ringan
10	3,47	13,268	3,3	1,1236	Tercemar Ringan
11	5,99	16,018	2,9	1,9899	Tercemar Ringan
12	3,7	14,909	3,4	1,2357	Tercemar Ringan
12	14,85	42,976	4,5	3,6709	Tercemar Ringan
12	3,59	12,004	3,1	1,1638	Tercemar Ringan
12	6,57	29,083	3,5	2,2334	Tercemar Ringan
12	3,12	13,114	3,1	0,9512	Status Baik
12	4,07	19,401	3,2	1,4016	Tercemar Ringan

Periode 3 (Juli-September 2010)

Lokasi	BOD	COD	DO	IP	Status Mutu Air
1	2,59	7,824	6,9	1,7355	Tercemar Ringan
1	2,3	9,952	5,01	1,2246	Tercemar Ringan
1	3,16	11,304	5,88	1,5262	Tercemar Ringan
2	3,18	10,365	5,1	1,2999	Tercemar Ringan
2	5,97	28,679	4,25	2,1113	Tercemar Ringan
2	3,97	14,166	4,55	1,3987	Tercemar Ringan
3	3,77	9,898	5,9	1,5734	Tercemar Ringan
3	3,88	14,932	4,6	1,3709	Tercemar Ringan
3	6,21	17,548	5,84	2,1851	Tercemar Ringan
4	2,71	8,758	5,2	1,2942	Tercemar Ringan
4	4,78	16,333	3,67	1,6541	Tercemar Ringan
4	5,95	17,548	4,61	2,0533	Tercemar Ringan
5	3,39	9,44	6,3	1,6446	Tercemar Ringan
5	3,47	8,996	4,9	1,2559	Tercemar Ringan
5	1,71	8,851	4,9	1,1612	Tercemar Ringan
5	1,79	7,088	3,32	0,712	Status Baik
5	2,17	10,67	3,02	0,6976	Status Baik
5	5,28	22,283	4,32	1,8712	Tercemar Ringan
6	11,91	74,865	3,1	3,4156	Tercemar Ringan
6	16,59	38,23	3,7	3,7796	Tercemar Ringan
6	11,11	61,781	4,4	3,3095	Tercemar Ringan
6	13,39	88,794	2,96	3,6426	Tercemar Ringan
6	10,2	39,343	2,71	2,9845	Tercemar Ringan
6	10,61	48,906	2,43	3,0951	Tercemar Ringan
7	3,48	12,749	4,2	1,1635	Tercemar Ringan
7	13,4	48,444	3,63	3,4978	Tercemar Ringan
7	4,16	14,686	3,76	1,4297	Tercemar Ringan
8	4,03	9,93	4,2	1,3768	Tercemar Ringan
8	3,78	10,486	4,2	1,2794	Tercemar Ringan
8	3,78	12,454	4,3	1,2967	Tercemar Ringan
8	2,39	10,281	3,25	0,7462	Status Baik
8	4,01	12,701	3,65	1,3586	Tercemar Ringan
8	7,75	31,019	4,43	2,5538	Tercemar Ringan
9	4,13	12,386	3,9	1,4112	Tercemar Ringan
9	6,71	20,665	3,41	2,2056	Tercemar Ringan
9	5,37	17,548	4,17	1,8648	Tercemar Ringan
10	3,91	12,749	4,2	1,3441	Tercemar Ringan
10	4,18	16,125	4,07	1,4571	Tercemar Ringan
10	4,45	14,218	5,14	1,6119	Tercemar Ringan
11	7,4	33,278	2,7	2,4326	Tercemar Ringan
12	3,93	12,201	3,5	1,3197	Tercemar Ringan
12	3,23	9,355	3,7	1,0047	Tercemar Ringan
12	4,85	13,63	4,2	1,6868	Tercemar Ringan
12	3,61	11,112	3,23	1,1722	Tercemar Ringan
12	2,84	10,644	4,67	1,1404	Tercemar Ringan
12	4,81	18,184	3,95	1,6816	Tercemar Ringan

Periode 4 (Oktober-Desember 2010)

Lokasi	BOD	COD	DO	IP	Status Mutu Air
1	5,04	26,076	5,19	1,8795	Tercemar Ringan
1	6,08	37,925	7,04	2,3831	Tercemar Ringan
1	3,19	14,558	5,45	1,4264	Tercemar Ringan
2	5,01	26,384	3,32	1,7747	Tercemar Ringan
2	4,79	16,725	4,33	1,6908	Tercemar Ringan
2	5,87	28,62	4,31	2,0883	Tercemar Ringan
3	3,57	19,439	3,82	1,2192	Tercemar Ringan
3	5,51	28,958	5,4	2,0608	Tercemar Ringan
3	4,85	22,484	4,56	1,7549	Tercemar Ringan
4	2,86	13,677	3,82	0,8894	Status Baik
4	5,42	34,366	3,02	1,9627	Tercemar Ringan
4	4,51	21,973	4,28	1,6208	Tercemar Ringan
5	3,69	9,833	4,41	1,2526	Tercemar Ringan
5	15,42	44,504	3,2	3,6862	Tercemar Ringan
5	7,77	38,702	3,89	2,5872	Tercemar Ringan
5	4,84	23,345	4,4	1,746	Tercemar Ringan
5	5,26	28,687	3,5	1,8801	Tercemar Ringan
5	4,69	16,81	3,58	1,6236	Tercemar Ringan
6	37,56	95,964	0,2	5,2081	Tercemar Sedang
6	7,58	32,188	1,19	2,4187	Tercemar Ringan
6	7,06	26,761	2,94	2,3096	Tercemar Ringan
6	22,29	79,628	0,85	4,3498	Tercemar Ringan
6	4,99	26,465	2,52	1,7443	Tercemar Ringan
6	5,75	31,265	2,78	2,0206	Tercemar Ringan
7	7,12	30,346	3,48	2,371	Tercemar Ringan
7	4,49	21,522	2,81	1,5544	Tercemar Ringan
7	5,1	25,194	3,35	1,7911	Tercemar Ringan
8	6,27	13,859	3,12	2,0597	Tercemar Ringan
8	6,37	27,477	2,2	2,1313	Tercemar Ringan
8	7,14	39,219	3,64	2,4506	Tercemar Ringan
8	3,85	15,263	3,52	1,3035	Tercemar Ringan
8	6,41	37,553	3,2	2,2555	Tercemar Ringan
8	5,35	25,737	2,99	1,8612	Tercemar Ringan
9	6,75	37,548	3,34	2,3408	Tercemar Ringan
9	6,38	29,156	3,28	2,181	Tercemar Ringan
9	5,19	24,12	4,13	1,8412	Tercemar Ringan
10	9,02	46,499	2,86	2,8392	Tercemar Ringan
10	5,39	30,188	2,94	1,9146	Tercemar Ringan
10	6,47	28,722	3,42	2,2034	Tercemar Ringan
11	4,92	21,857	2,67	1,6964	Tercemar Ringan
12	3,55	11,781	2,91	1,1391	Tercemar Ringan
12	6,22	32,29	2,1	2,132	Tercemar Ringan
12	8,32	48,73	5,67	2,8685	Tercemar Ringan
12	4,04	15,263	2,21	1,3393	Tercemar Ringan
12	5,15	24,267	3,1	1,7931	Tercemar Ringan
12	4,45	21,071	2,92	1,5414	Tercemar Ringan

Periode 5 (Januari-Maret 2011)

Lokasi	BOD	COD	DO	IP	Status Mutu Air
1	6,01	26,552	7,03	2,2489	Tercemar Ringan
1	2,02	10,721	6,19	1,5539	Tercemar Ringan
1	4,66	20,989	6,73	1,9015	Tercemar Ringan
2	4,92	15,305	5,59	1,7981	Tercemar Ringan
2	3,03	19,158	4,98	1,2965	Tercemar Ringan
2	4,57	20,212	4,57	1,651	Tercemar Ringan
3	5,39	21,158	5,58	1,9708	Tercemar Ringan
3	4,1	16,857	4,34	1,4493	Tercemar Ringan
3	5,72	24,926	5,83	2,0964	Tercemar Ringan
4	4,01	21,005	3,64	1,4012	Tercemar Ringan
4	5,78	18,494	4,07	1,9796	Tercemar Ringan
4	5,99	28,915	5,77	2,2089	Tercemar Ringan
5	4,9	23,412	6,41	1,8805	Tercemar Ringan
5	4,7	13,958	3,84	1,6211	Tercemar Ringan
5	7,47	21,897	5,82	2,496	Tercemar Ringan
5	7,32	23,98	5,01	2,4339	Tercemar Ringan
5	7,47	46,816	3,68	2,5734	Tercemar Ringan
5	4,17	18,988	3,54	1,4484	Tercemar Ringan
6	7,73	33,729	3,15	2,5187	Tercemar Ringan
6	7,26	41,837	3,49	2,4901	Tercemar Ringan
6	5,31	24,222	3,9	1,8657	Tercemar Ringan
6	6,28	25,4	3,6	2,1296	Tercemar Ringan
6	5,31	23,078	3,01	1,8331	Tercemar Ringan
6	4,97	26,902	3,01	1,7577	Tercemar Ringan
7	7,07	27,977	3,37	2,3355	Tercemar Ringan
7	4,8	19,21	3,54	1,6707	Tercemar Ringan
7	5,66	31,505	4,93	2,0999	Tercemar Ringan
8	5,21	24,688	3,37	1,8217	Tercemar Ringan
8	3,8	19,503	3,98	1,3213	Tercemar Ringan
8	6,9	23,353	4,81	2,3268	Tercemar Ringan
8	5,54	24,487	4,11	1,9442	Tercemar Ringan
8	6,9	44,718	3,6	2,4342	Tercemar Ringan
8	3,58	15,006	3,89	1,2013	Tercemar Ringan
9	5,99	28,181	2,93	2,0618	Tercemar Ringan
9	4,82	13,636	3,47	1,6487	Tercemar Ringan
9	6,02	31,453	4,57	2,1718	Tercemar Ringan
10	6,47	38,615	3,39	2,2843	Tercemar Ringan
10	3,38	15,579	3,39	1,0984	Tercemar Ringan
10	4,77	19,306	3,98	1,6749	Tercemar Ringan
11	4,81	23,142	2,13	1,6506	Tercemar Ringan
12	6,13	29,898	3,81	2,1414	Tercemar Ringan
12	3,78	13,701	3,29	1,2594	Tercemar Ringan
12	6,72	21,973	3,61	2,2195	Tercemar Ringan
12	5,93	23,676	3,92	2,0379	Tercemar Ringan
12	6,72	35,612	3,24	2,3157	Tercemar Ringan
12	3,54	15,771	3,11	1,1617	Tercemar Ringan

Periode 6 (April-Juni 2011)

Lokasi	BOD	COD	DO	IP	Status Mutu Air
1	4,33	16,409	5,97	1,6691	Tercemar Ringan
1	5,58	27,176	6,41	2,1139	Tercemar Ringan
1	2,11	9,685	6,17	1,5475	Tercemar Ringan
2	7,49	39,64	5,21	2,6177	Tercemar Ringan
2	4,71	16,603	4,71	1,6874	Tercemar Ringan
2	2,91	17,276	4,03	0,9563	Status Baik
3	5,39	36,351	4,31	2,0277	Tercemar Ringan
3	5,85	24,133	4,42	2,0479	Tercemar Ringan
3	2,77	11,993	5,62	1,435	Tercemar Ringan
4	8,85	45,088	4,11	2,8449	Tercemar Ringan
4	5,28	25,474	4,92	1,9281	Tercemar Ringan
4	3,31	15,148	5,19	1,3646	Tercemar Ringan
5	5,12	21,845	3,52	1,7849	Tercemar Ringan
5	6,27	30,384	4,41	2,2147	Tercemar Ringan
5	6,79	30,03	5,73	2,4115	Tercemar Ringan
5	3,34	15,428	5,23	1,3807	Tercemar Ringan
5	3,27	11,36	3,86	1,0402	Tercemar Ringan
5	3,58	12,278	5,08	1,3393	Tercemar Ringan
6	7,38	25,844	3,01	2,3736	Tercemar Ringan
6	6,93	32,596	3,84	2,3587	Tercemar Ringan
6	5,68	28,081	3,02	1,9797	Tercemar Ringan
6	4,69	25,118	2,99	1,6471	Tercemar Ringan
6	10,9	61,248	2,78	3,2098	Tercemar Ringan
6	14,66	79,386	2,91	3,7505	Tercemar Ringan
7	11,58	54,905	3,17	3,287	Tercemar Ringan
7	5,32	29,187	3,72	1,9099	Tercemar Ringan
7	5	21,482	4,49	1,7926	Tercemar Ringan
8	8,76	42,917	4,42	2,8356	Tercemar Ringan
8	7,41	38,895	3,99	2,5177	Tercemar Ringan
8	7,69	37,721	4,01	2,5681	Tercemar Ringan
8	3,66	14,153	3,86	1,2299	Tercemar Ringan
8	2,93	9,364	3,95	0,8896	Status Baik
8	4,47	16,89	3,45	1,5442	Tercemar Ringan
9	7,52	47,607	3,4	2,5792	Tercemar Ringan
9	4,86	21,193	4,99	1,7776	Tercemar Ringan
9	3,79	17,276	4,24	1,3231	Tercemar Ringan
10	4,95	20,058	3,69	1,728	Tercemar Ringan
10	4,18	18,099	3,92	1,4598	Tercemar Ringan
10	3,41	14,045	5,9	1,5665	Tercemar Ringan
11	6,92	30,851	2	2,2862	Tercemar Ringan
12	9,31	41,071	3,72	2,8821	Tercemar Ringan
12	6,48	33,637	3,71	2,258	Tercemar Ringan
12	8,44	43,772	3,92	2,7522	Tercemar Ringan
12	4,71	16,193	3,14	1,6143	Tercemar Ringan
12	2,29	8,648	3,12	0,7089	Status Baik
12	3,06	11,612	3,81	0,9381	Status Baik

Periode 7 (Juli-September 2011)

Lokasi	BOD	COD	DO	IP	Status Mutu Air
1	2,85	9,65	6,21	1,5853	Tercemar Ringan
1	1,79	7,58	6,8	1,6833	Tercemar Ringan
1	1,8	6,219	6,29	1,5529	Tercemar Ringan
2	3,3	15,587	4,7	1,2139	Tercemar Ringan
2	16,91	41,064	0,11	3,731	Tercemar Ringan
2	4	21,659	3,61	1,3999	Tercemar Ringan
3	2,69	10,063	5,98	1,521	Tercemar Ringan
3	2,41	9,379	6,4	1,6155	Tercemar Ringan
3	5,59	38,433	5,98	2,2072	Tercemar Ringan
4	2,59	10,269	5,76	1,4586	Tercemar Ringan
4	2,36	9,276	6,21	1,5651	Tercemar Ringan
4	1,79	5,552	5,97	1,466	Tercemar Ringan
5	5,44	16,574	5,72	1,9676	Tercemar Ringan
5	3,68	13,525	5,71	1,5349	Tercemar Ringan
5	3,02	7,892	4,93	1,2197	Tercemar Ringan
5	1,62	7,711	3,92	0,816	Status Baik
5	2,59	7,688	4,99	1,219	Tercemar Ringan
5	2,34	8,002	5,71	1,4248	Tercemar Ringan
6	12,02	55,758	2,99	3,3442	Tercemar Ringan
6	14,85	84,878	2,99	3,7921	Tercemar Ringan
6	21,06	95,494	2,81	4,3668	Tercemar Ringan
6	20,71	82,617	0	4,2177	Tercemar Ringan
6	14,05	46,636	0,9	3,4846	Tercemar Ringan
6	36,74	87,402	1,99	5,2005	Tercemar Sedang
7	4,09	17,703	3,99	1,4261	Tercemar Ringan
7	3,33	15,701	4,98	1,3059	Tercemar Ringan
7	1,39	7,656	4,02	0,8288	Status Baik
8	5,04	22,693	3,98	1,7785	Tercemar Ringan
8	5,01	17,611	4,12	1,7524	Tercemar Ringan
8	4,43	17,778	3,91	1,5488	Tercemar Ringan
8	2,49	9,365	3,33	0,7597	Status Baik
8	6,61	12,321	3,21	2,1402	Tercemar Ringan
8	3,52	14,179	4,01	1,1751	Tercemar Ringan
9	4,54	17,135	3,98	1,5863	Tercemar Ringan
9	3,36	14,467	4,71	1,2163	Tercemar Ringan
9	2,15	8,887	3,98	0,8558	Status Baik
10	3,18	10,321	3,72	0,9866	Status Baik
10	2,93	11,589	3,41	0,8769	Status Baik
10	2,3	9,861	3,33	0,7532	Status Baik
11	13,41	61,172	2,71	3,5328	Tercemar Ringan
12	4,7	15,031	3,21	1,6076	Tercemar Ringan
12	3,19	13,421	3,16	0,9892	Status Baik
12	4,55	17,83	3,2	1,5692	Tercemar Ringan
12	1,41	9,518	3,34	0,7117	Status Baik
12	3,97	10,437	3,01	1,3123	Tercemar Ringan
12	2,11	7,849	3,01	0,6761	Status Baik

Periode 8 (Oktober-Desember 2011)

Lokasi	BOD	COD	DO	IP	Status Mutu Air
1	3,38	9,402	6,23	1,626	Tercemar Ringan
1	3,16	11,15	6,59	1,7056	Tercemar Ringan
1	1,6	7,325	6,29	1,5506	Tercemar Ringan
2	3,01	12,35	4,81	1,2035	Tercemar Ringan
2	4,15	16,03	4,99	1,5054	Tercemar Ringan
2	3,07	11,55	5,59	1,44	Tercemar Ringan
3	2,15	8,791	5,87	1,4654	Tercemar Ringan
3	2,93	13,61	5,45	1,4013	Tercemar Ringan
3	3,25	11,24	5,6	1,4569	Tercemar Ringan
4	3,45	10,93	5,76	1,5161	Tercemar Ringan
4	3,21	19,16	5,6	1,4951	Tercemar Ringan
4	2,08	8,8	4,22	0,9395	Status Baik
5	2,27	9,952	3,94	0,8599	Status Baik
5	2,99	11,36	5,72	1,4687	Tercemar Ringan
5	3,72	12,68	3,56	1,2377	Tercemar Ringan
5	2,33	9,731	5,91	1,4871	Tercemar Ringan
5	5,62	32,91	5,69	2,1478	Tercemar Ringan
5	5,13	16,8	5,98	1,8911	Tercemar Ringan
6	9,81	52,48	3,01	3,0091	Tercemar Ringan
6	10,46	51,5	2,51	3,0889	Tercemar Ringan
6	20,55	92,81	1,73	4,2871	Tercemar Ringan
6	5,46	45,15	2,71	2,0454	Tercemar Ringan
6	3,88	20,09	3,32	1,3344	Tercemar Ringan
6	5,32	25,94	2,99	1,8544	Tercemar Ringan
7	5,1	21,3	4,17	1,8021	Tercemar Ringan
7	3,39	15,56	4,91	1,2889	Tercemar Ringan
7	3,87	15,52	3,01	1,2967	Tercemar Ringan
8	2,82	12,65	3,69	0,868	Status Baik
8	3,27	12,9	3,98	1,0531	Tercemar Ringan
8	4,14	20,72	3,55	1,4464	Tercemar Ringan
8	2,6	12,12	3,97	0,8932	Status Baik
8	5,53	31,44	3,53	1,9853	Tercemar Ringan
8	3,75	19,11	4,97	1,3678	Tercemar Ringan
9	2,74	10,52	4,22	0,9781	Status Baik
9	4,03	19,31	4,92	1,4749	Tercemar Ringan
9	3,34	14,14	4,01	1,0941	Tercemar Ringan
10	2,31	10,16	3,11	0,7172	Status Baik
10	2,47	11,66	3,91	0,8737	Status Baik
10	3,88	14,09	3,45	1,3075	Tercemar Ringan
11	6,37	31,22	0,97	2,1279	Tercemar Ringan
12	3,36	13,37	3,1	1,0674	Tercemar Ringan
12	3,81	11,72	3,1	1,2561	Tercemar Ringan
12	4,34	17,59	3,23	1,4943	Tercemar Ringan
12	2,93	11,96	3,44	0,8802	Status Baik
12	4,26	26,35	5,07	1,6193	Tercemar Ringan
12	5,79	16,59	3,62	1,9582	Tercemar Ringan

Periode 9 (Januari-Maret 2012)

Lokasi	BOD	COD	DO	IP	Status Mutu Air
1	1,53	8,754	5,01	1,1895	Tercemar Ringan
1	1,71	7,726	5,47	1,332	Tercemar Ringan
1	1,22	8,833	6,11	1,4973	Tercemar Ringan
2	3,06	13,02	3,52	0,9358	Status Baik
2	2,26	9,628	5,21	1,2835	Tercemar Ringan
2	2,07	10,33	4,4	1,0124	Tercemar Ringan
3	3,84	16,46	4,81	1,3776	Tercemar Ringan
3	2,09	10,14	5,67	1,4139	Tercemar Ringan
3	3,13	15,45	5,97	1,5683	Tercemar Ringan
4	4	19,7	3,31	1,3795	Tercemar Ringan
4	2,12	8,497	5	1,2074	Tercemar Ringan
4	3,93	18,66	5,31	1,4732	Tercemar Ringan
5	3,8	16,48	4,12	1,3142	Tercemar Ringan
5	5,86	24,45	4,49	2,0565	Tercemar Ringan
5	4,52	24,71	5,81	1,7343	Tercemar Ringan
5	6,54	28,12	4,17	2,2437	Tercemar Ringan
5	3,13	26,83	4,52	1,2188	Tercemar Ringan
5	3,5	12,25	6,73	1,7711	Tercemar Ringan
6	22,78	56,29	1,98	4,331	Tercemar Ringan
6	5,06	25,06	3,01	1,7667	Tercemar Ringan
6	4,19	21,8	3,32	1,4633	Tercemar Ringan
6	7,4	38,57	2,87	2,4773	Tercemar Ringan
6	29,37	116,9	1,3	4,899	Tercemar Ringan
6	4,62	25,64	3,15	1,6343	Tercemar Ringan
7	4,45	25,72	3,9	1,6014	Tercemar Ringan
7	3,71	9,68	4,11	1,2399	Tercemar Ringan
7	3,69	20,88	4,91	1,3503	Tercemar Ringan
8	4,12	20,98	3,53	1,4396	Tercemar Ringan
8	6,73	32,64	3,98	2,3175	Tercemar Ringan
8	5,13	26,63	3,98	1,8356	Tercemar Ringan
8	5,85	29,9	4,21	2,0888	Tercemar Ringan
8	3,36	17,1	4,92	1,2981	Tercemar Ringan
8	4,72	22,64	3,74	1,6676	Tercemar Ringan
9	4,15	18,78	3,75	1,4466	Tercemar Ringan
9	3,48	11,94	3,8	1,1377	Tercemar Ringan
9	5,62	26,21	4,11	1,9823	Tercemar Ringan
10	4,36	18,01	3,29	1,5055	Tercemar Ringan
10	2,42	8,189	3,19	0,7298	Status Baik
10	5,31	15,92	4,21	1,8417	Tercemar Ringan
11	4,18	18,11	1,4	1,3833	Tercemar Ringan
12	3,39	18,58	3,68	1,1301	Tercemar Ringan
12	6,4	32,03	3,25	2,2103	Tercemar Ringan
12	3,8	21,49	3,33	1,3099	Tercemar Ringan
12	4,98	24,34	3,41	1,7501	Tercemar Ringan
12	5,04	19,04	4,71	1,8059	Tercemar Ringan
12	1,44	7,902	3,27	0,692	Status Baik

Periode 10 (April-Juni 2012)

Lokasi	BOD	COD	DO	IP	Status Mutu Air
1	3,06	14,81	6,17	1,6108	Tercemar Ringan
1	2	7,267	6,04	1,4991	Tercemar Ringan
1	8,208	10	5,78	2,5855	Tercemar Ringan
2	3,15	14,2	4,91	1,2588	Tercemar Ringan
2	3,12	12,24	4,65	1,1611	Tercemar Ringan
2	16,27	12	3,3	3,5909	Tercemar Ringan
3	2,87	12,9	5,79	1,4905	Tercemar Ringan
3	3,36	13,12	5,93	1,5655	Tercemar Ringan
3	10,95	16	4,85	3,0295	Tercemar Ringan
4	2,84	12,67	4,99	1,2544	Tercemar Ringan
4	3,16	16	5,21	1,3614	Tercemar Ringan
4	13,27	22	4,85	3,3627	Tercemar Ringan
5	5,66	28,4	4,49	2,0411	Tercemar Ringan
5	4,78	15,63	5,17	1,7321	Tercemar Ringan
5	5,66	30,19	4,67	2,0706	Tercemar Ringan
5	3,41	11,38	5,76	1,5151	Tercemar Ringan
5	7,805	15	4,12	2,4454	Tercemar Ringan
5	12,1	42	4,71	3,3536	Tercemar Ringan
6	6,25	32,28	2,52	2,1523	Tercemar Ringan
6	37,09	113	1,01	5,2516	Tercemar Sedang
6	9,88	41,95	2,12	2,9329	Tercemar Ringan
6	6,51	38,45	2,01	2,248	Tercemar Ringan
6	48,85	56	2,59	5,5667	Tercemar Sedang
6	37,31	10	2,13	4,899	Tercemar Ringan
7	3,03	15,51	3,58	0,9378	Status Baik
7	4,44	17,13	3,1	1,5241	Tercemar Ringan
7	14,57	16	3,55	3,4341	Tercemar Ringan
8	4,59	29,47	4,67	1,7419	Tercemar Ringan
8	2,79	7,819	3,91	0,867	Status Baik
8	3,27	13,97	4,01	1,0608	Tercemar Ringan
8	4,16	13,2	3,98	1,4291	Tercemar Ringan
8	10,97	24	3,72	3,0145	Tercemar Ringan
8	15,38	32	3,38	3,6077	Tercemar Ringan
9	2,88	13,59	3,78	0,891	Status Baik
9	4,03	19,8	3,41	1,395	Tercemar Ringan
9	8,451	18	3,41	2,5631	Tercemar Ringan
10	2,86	11,81	3,21	0,8546	Status Baik
10	4,29	21,41	3,23	1,4953	Tercemar Ringan
10	11,94	32	3,13	3,1961	Tercemar Ringan
11	4,13	22,48	2,01	1,4027	Tercemar Ringan
12	4,44	23,91	4,67	1,6333	Tercemar Ringan
12	2,61	7,053	3,21	0,7686	Status Baik
12	6,66	34,99	3,02	2,2898	Tercemar Ringan
12	2,71	11,76	3,62	0,8355	Status Baik
12	8,086	22	3,59	2,5143	Tercemar Ringan
12	13,58	36	3,52	3,4407	Tercemar Ringan

Periode 11 (Juli-September 2012)

Lokasi	BOD	COD	DO	IP	Status Mutu Air
1	1,54	5,326	6,11	1,494	Tercemar Ringan
1	2,06	6,154	5,8	1,4315	Tercemar Ringan
1	0,67	3,653	6,12	1,4635	Tercemar Ringan
2	2,58	8,597	3,01	0,7632	Status Baik
2	2,31	8,268	4,11	0,9054	Status Baik
2	1,98	7,441	4,92	1,1715	Tercemar Ringan
3	1,23	4,397	5,89	1,4214	Tercemar Ringan
3	1,85	5,21	4,31	0,9458	Status Baik
3	0,35	6,696	5,61	1,3243	Tercemar Ringan
4	2,71	11,22	5,01	1,2477	Tercemar Ringan
4	2,66	9,319	4,29	0,9933	Status Baik
4	1,84	7,066	5,13	1,2313	Tercemar Ringan
5	3,19	11,2	5,1	1,3052	Tercemar Ringan
5	2,17	11,33	3,51	0,787	Status Baik
5	2,7	7,572	5,81	1,4641	Tercemar Ringan
5	2,17	8,171	3,56	0,7779	Status Baik
5	2,82	6,089	4,55	1,0752	Tercemar Ringan
5	2,09	10,57	3,67	0,8071	Status Baik
6	12,2	72,79	0,8	3,3715	Tercemar Ringan
6	12,2	54,3	0,81	3,2949	Tercemar Ringan
6	26,59	71,76	1,91	4,6348	Tercemar Ringan
6	13,95	78,75	1,1	3,6131	Tercemar Ringan
6	21,87	84,14	1,1	4,341	Tercemar Ringan
6	9,99	52,34	0,8	2,9684	Tercemar Ringan
7	2,24	12,26	4,97	1,2207	Tercemar Ringan
7	6,58	15,42	3,65	2,1578	Tercemar Ringan
7	2,13	9,758	4,01	0,8671	Status Baik
8	4,19	16,41	3,11	1,4294	Tercemar Ringan
8	2,51	12,05	3,87	0,8709	Status Baik
8	2,85	6,85	4,98	1,2223	Tercemar Ringan
8	3,66	17,23	3,5	1,2344	Tercemar Ringan
8	2,22	7,665	3,71	0,8041	Status Baik
8	2,11	10,05	3,31	0,7416	Status Baik
9	2,53	12,5	3,71	0,8465	Status Baik
9	2,65	8,091	3,41	0,7911	Status Baik
9	2,04	9,039	3,98	0,8517	Status Baik
10	2,52	7,585	3,12	0,7472	Status Baik
10	2,38	5,413	3,15	0,703	Status Baik
10	2,05	9,052	3,12	0,6995	Status Baik
11	7,82	29,24	1,2	2,4459	Tercemar Ringan
12	3,47	15,24	2,97	1,1232	Tercemar Ringan
12	2,3	12,8	3,09	0,7295	Status Baik
12	3,2	9,896	3,25	0,9779	Status Baik
12	3,73	3,13	3,13	1,1831	Tercemar Ringan
12	3,28	12,55	3,1	1,0255	Tercemar Ringan
12	2,65	13,37	3,05	0,8089	Status Baik

Periode 12 (Oktober-Desember 2012)

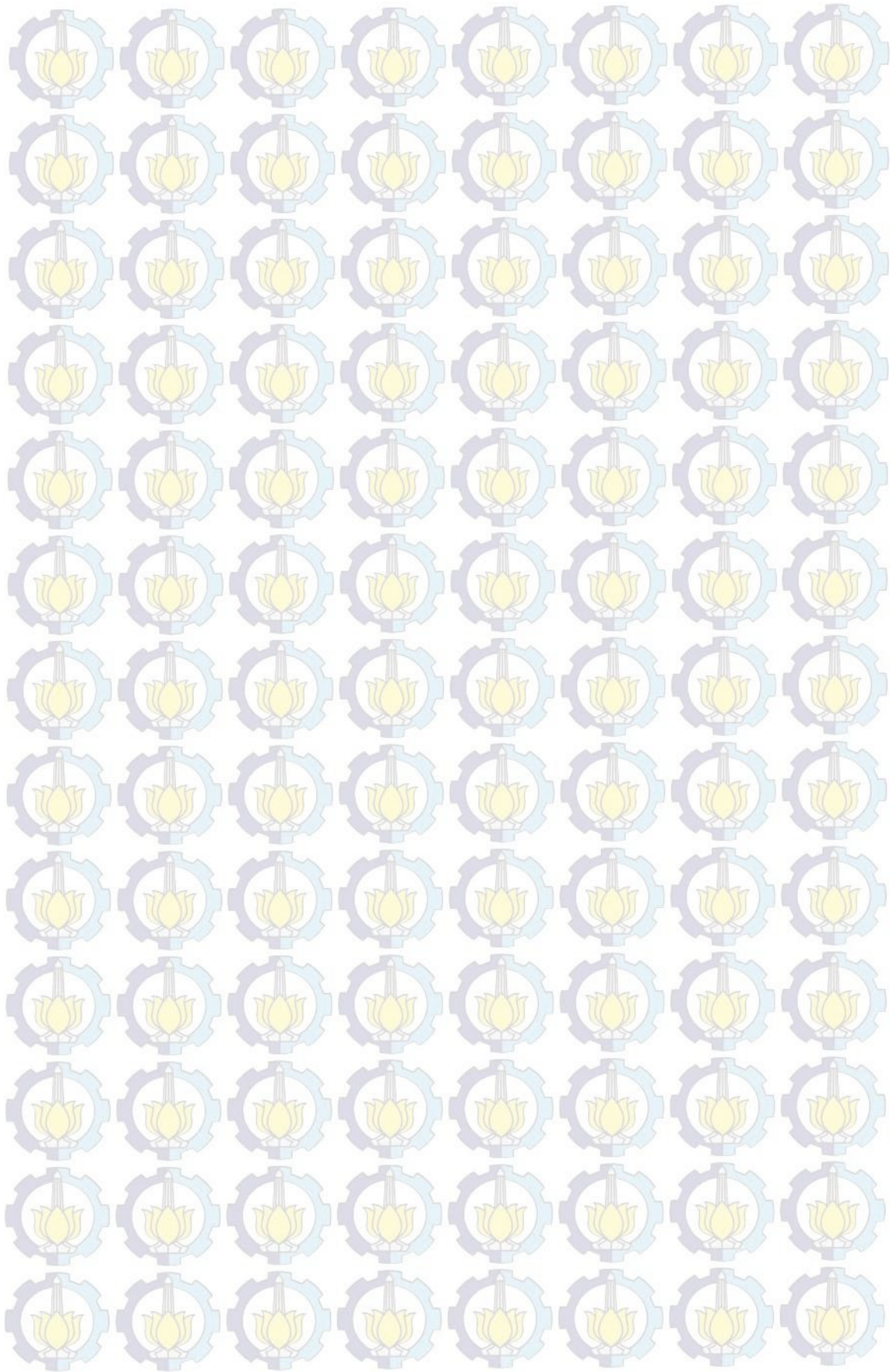
Lokasi	BOD	COD	DO	IP	Status Mutu Air
1	1,07	5,199	6,1	1,4759	Tercemar Ringan
1	0,53	4,54	6,1	1,4573	Tercemar Ringan
1	5,9	28,48	5,9	2,1878	Tercemar Ringan
2	2,26	11,34	4,12	0,9235	Status Baik
2	3	12,62	3,42	0,8996	Status Baik
2	6,05	47,59	4,56	2,3071	Tercemar Ringan
3	1,05	5,947	5,92	1,4298	Tercemar Ringan
3	0,81	5,277	5,73	1,3672	Tercemar Ringan
3	5,92	36,04	5,89	2,2671	Tercemar Ringan
4	2,15	9,423	5,86	1,4655	Tercemar Ringan
4	0,32	4,559	4,87	1,0873	Tercemar Ringan
4	5,72	44,47	5,31	2,2506	Tercemar Ringan
5	2,5	6,845	5,87	1,4697	Tercemar Ringan
5	1,49	7,841	5,78	1,4132	Tercemar Ringan
5	2,33	11,97	4,87	1,191	Tercemar Ringan
5	3,62	16,91	5,87	1,5913	Tercemar Ringan
5	4,88	22,02	5,91	1,8403	Tercemar Ringan
5	4,22	22,25	5,97	1,695	Tercemar Ringan
6	8,71	64,07	1	2,814	Tercemar Ringan
6	14,36	54,7	1,15	3,5655	Tercemar Ringan
6	9,87	58,61	1,1	2,9886	Tercemar Ringan
6	8,47	48,65	0,9	2,6914	Tercemar Ringan
6	14,88	58,36	1,1	3,6369	Tercemar Ringan
6	10,16	60,15	1	3,0381	Tercemar Ringan
7	2,06	11,18	3,98	0,8642	Status Baik
7	2,43	9,753	3,61	0,808	Status Baik
7	10,15	41,36	4,92	3,0856	Tercemar Ringan
8	2,49	10,85	3,69	0,8313	Status Baik
8	2,05	8,636	3,99	0,8518	Status Baik
8	4,05	13,1	3,95	1,3856	Tercemar Ringan
8	2,28	10,76	3,91	0,8596	Status Baik
8	4,86	24,05	4,89	1,7873	Tercemar Ringan
8	5,05	32,06	4,91	1,9299	Tercemar Ringan
9	4,84	24,58	3,89	1,7217	Tercemar Ringan
9	1,89	6,186	3,71	0,7817	Status Baik
9	4,53	26,43	4,71	1,6901	Tercemar Ringan
10	3,1	13,19	3,11	0,942	Status Baik
10	3,9	15,66	3,11	1,3127	Tercemar Ringan
10	3,41	16,75	3,99	1,1397	Tercemar Ringan
11	4,87	24,49	2,1	1,6758	Tercemar Ringan
12	2,23	11,42	3,22	0,7398	Status Baik
12	2,05	8,299	3,12	0,6952	Status Baik
12	3,94	13,24	3,1	1,3165	Tercemar Ringan
12	3,53	17,97	3,56	1,1845	Tercemar Ringan
12	4,79	22,88	3,99	1,6999	Tercemar Ringan
12	3,54	23,85	3,81	1,2315	Tercemar Ringan

Periode 13 (Januari-Maret 2013)

Lokasi	BOD	COD	DO	IP	Status Mutu Air
1	4,59	25,38	6,33	1,832	Tercemar Ringan
1	5,23	29,91	6,01	2,0258	Tercemar Ringan
1	2,55	11,4	5,71	1,4485	Tercemar Ringan
2	2,93	13,46	6,02	1,5572	Tercemar Ringan
2	4,48	21,62	4,45	1,6199	Tercemar Ringan
2	9,66	54,5	4,33	3,051	Tercemar Ringan
3	5,11	27,47	5,88	1,956	Tercemar Ringan
3	4,75	27,86	5,65	1,8372	Tercemar Ringan
3	3,46	20,59	5,01	1,3555	Tercemar Ringan
4	5,77	21,86	5,44	2,0729	Tercemar Ringan
4	4,92	29,62	5,1	1,8771	Tercemar Ringan
4	3,17	18,66	5,86	1,5594	Tercemar Ringan
5	4,48	28,95	5,71	1,7658	Tercemar Ringan
5	4,23	32,02	5,41	1,697	Tercemar Ringan
5	4,56	26,23	4,54	1,6865	Tercemar Ringan
5	3,62	16,22	4,15	1,2401	Tercemar Ringan
5	4,2	20,66	4,91	1,5451	Tercemar Ringan
5	4,21	23,17	5,01	1,5697	Tercemar Ringan
6	3,55	21,91	1,98	1,1612	Tercemar Ringan
6	4,32	32,25	2,91	1,5895	Tercemar Ringan
6	6,7	30,51	3,01	2,2621	Tercemar Ringan
6	4,12	20,99	1,11	1,3651	Tercemar Ringan
6	5,65	27,85	3,25	1,9763	Tercemar Ringan
6	4,62	20,4	2,97	1,5988	Tercemar Ringan
7	5,5	31,11	3,9	1,986	Tercemar Ringan
7	4,27	23,23	3,79	1,5158	Tercemar Ringan
7	3,06	20,11	3,98	0,9964	Status Baik
8	4,27	29,93	4,92	1,6551	Tercemar Ringan
8	4,06	31,88	4,01	1,5324	Tercemar Ringan
8	4,85	28,36	4,12	1,7758	Tercemar Ringan
8	4,33	20,84	3,73	1,523	Tercemar Ringan
8	4,11	21,85	4,94	1,5209	Tercemar Ringan
8	5,08	25,64	3,91	1,8074	Tercemar Ringan
9	5,57	31,26	3,91	2,0074	Tercemar Ringan
9	5,8	36,76	3,8	2,1141	Tercemar Ringan
9	8,1	47,19	4,23	2,7286	Tercemar Ringan
10	4,35	17	3,87	1,515	Tercemar Ringan
10	4,77	20,9	3,71	1,6745	Tercemar Ringan
10	3,28	20,8	4,1	1,1133	Tercemar Ringan
11	3,38	17,16	1,1	1,0327	Tercemar Ringan
12	6,41	37,95	3,86	2,2805	Tercemar Ringan
12	5,64	30,18	3,76	2,0119	Tercemar Ringan
12	4,25	20,01	3,97	1,4974	Tercemar Ringan
12	4,63	20,35	3,2	1,609	Tercemar Ringan
12	3,27	19,23	2,9	1,0507	Tercemar Ringan
12	4,25	24,16	3,21	1,4942	Tercemar Ringan

Periode 14 (April-Juni 2013)

Lokasi	BOD	COD	DO	IP	Status Mutu Air
1	3,32	11,1	6,01	1,573	Tercemar Ringan
1	4,27	20,49	5,09	1,5807	Tercemar Ringan
1	6,14	42,71	6,01	2,3846	Tercemar Ringan
2	4,09	12,3	4,1	1,4054	Tercemar Ringan
2	4,18	22,21	4,23	1,5009	Tercemar Ringan
2	4,58	30,25	5,29	1,7878	Tercemar Ringan
3	3,99	11,46	5,87	1,5904	Tercemar Ringan
3	5,79	20,47	4,38	2,011	Tercemar Ringan
3	4,68	30,88	4,46	1,7716	Tercemar Ringan
4	2,04	9,418	4,91	1,1798	Tercemar Ringan
4	6,03	20,33	4,23	2,0653	Tercemar Ringan
4	5,29	36,39	4,65	2,0235	Tercemar Ringan
5	21,54	47,7	5,01	4,3147	Tercemar Ringan
5	4,47	31,13	4,35	1,6965	Tercemar Ringan
5	4,29	11,43	3,61	1,4577	Tercemar Ringan
5	9,37	35,59	4,53	2,8958	Tercemar Ringan
5	2,81	19,18	3,62	0,9038	Status Baik
5	2,09	7,881	5,92	1,4728	Tercemar Ringan
6	21,13	41,41	2,01	4,1395	Tercemar Ringan
6	7,33	52,57	3,31	2,5659	Tercemar Ringan
6	8,03	49,55	2,51	2,6635	Tercemar Ringan
6	9,9	47,22	2,03	2,9643	Tercemar Ringan
6	4,99	35,19	2,1	1,8103	Tercemar Ringan
6	3,01	14,74	2,1	0,8703	Status Baik
7	4,38	23,05	4,12	1,57	Tercemar Ringan
7	4,61	9,87	3,44	1,5597	Tercemar Ringan
7	5,09	34,28	3,96	1,8972	Tercemar Ringan
8	15	34,49	4,01	3,6029	Tercemar Ringan
8	7,99	49,73	3,97	2,7054	Tercemar Ringan
8	3,92	11,79	3,1	1,3014	Tercemar Ringan
8	8,09	39,86	3,76	2,6545	Tercemar Ringan
8	3,34	26,55	3,41	1,1554	Tercemar Ringan
8	2,1	7,006	4,01	0,8512	Status Baik
9	3,29	16,11	3,51	1,064	Tercemar Ringan
9	6,03	16,41	3,29	2,0129	Tercemar Ringan
9	4,75	33,87	3,83	1,7829	Tercemar Ringan
10	4,18	13,2	3,31	1,4161	Tercemar Ringan
10	5,38	16,79	2,62	1,814	Tercemar Ringan
10	5	36,67	3,41	1,8711	Tercemar Ringan
11	5,43	20,5	2,31	1,8366	Tercemar Ringan
12	15,12	38,15	3,21	3,6174	Tercemar Ringan
12	3,43	18,14	3,11	1,1255	Tercemar Ringan
12	3,26	11,65	2,76	1	Tercemar Ringan
12	8,81	42,25	3,21	2,787	Tercemar Ringan
12	5,32	25,95	3,15	1,8594	Tercemar Ringan
12	1,98	7,267	3,01	0,6665	Status Baik



Periode 1 (Januari-Maret 2010)

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 1 = 2,22198

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 27,9473$$

$$z_{0,05} = 1,746 ; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 2,22198; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{27,9473}{46}} = 0,779455$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z_{0,05} = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{2,22198 - 5}{0,779455/\sqrt{46}} = -24,1725 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 1 rata-rata tergolong “**Tercemar Ringan**”.

Periode 2 (April-Juni 2010)

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 2 = 2,105826

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 34,97117$$

$$z_{0,05} = 1,746 ; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 2,105826 ; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{34,97117}{46}} = 0,871919$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z_{0,05} = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{2,105826 - 5}{0,871919/\sqrt{46}} = -22,5126 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 2 rata-rata tergolong “**Tercemar Ringan**”.

Periode 3 (Juli-September 2010)

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 3 = 1,7833

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 28,84777$$

$$z_{0,05} = 1,746 ; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 1,7833 ; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{28,84777}{46}} = 0,791912$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z_{0,05} = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{1,7833 - 5}{0,791912/\sqrt{46}} = -27.5493 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 3 rata-rata tergolong “**Tercemar Ringan**”.

Periode 4 (Oktober-Desember 2010)

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 4 = 2,069254

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 26,98863$$

$$z_{0,05} = 1,746 ; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 2,069254 ; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{26,98863}{46}} = 0,76597$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z_{0,05} = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{2,069254 - 5}{0,76597/\sqrt{46}} = -25,9504 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 4 rata-rata tergolong “**Tercemar Ringan**”.

Periode 5 (Januari-Maret 2011)

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 5 = 1,90187

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 7,415538$$

$$z_{0,05} = 1,746 ; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 1,90187 ; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{7,415538}{46}} = 0,401506$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z_{0,05} = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{1,90187 - 5}{0,401506/\sqrt{46}} = -52,334 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 5 rata-rata tergolong “**Tercemar Ringan**”.

Periode 6 (April-Juni 2011)

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 6 = 1,960422

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 21,05567$$

$$z_{0,05} = 1,746 ; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 1,960422 ; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{7,415538}{46}} = 0,676559$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z_{0,05} = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{1,960422 - 5}{0,676559/\sqrt{46}} = -30,4709 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 6 rata-rata tergolong “**Tercemar Ringan**”.

Periode 7 (Juli-September 2011)

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 7 = 1,80385

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 53,28771$$

$$z_{0,05} = 1,746 ; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 1,80385 ; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{53,28771}{46}} = 1,076303$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z_{0,05} = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{1,80385 - 5}{1,076303/\sqrt{46}} = -20,1405 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 7 rata-rata tergolong “**Tercemar Ringan**”.

Periode 8 (Oktober-Desember 2011)

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 8 = 1,540596

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 18,60583$$

$$z_{0,05} = 1,746 ; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 1,540596 ; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{18,60583}{46}} = 0,635983$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{1,540596 - 5}{0,635983/\sqrt{46}} = -36,892 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 8 rata-rata tergolong “**Tercemar Ringan**”.

Periode 9 (Januari-Maret 2012)

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 9 = 1,659665

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 25,27827$$

$$z_{0,05} = 1,746 ; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 1,659665 ; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{25,27827}{46}} = 0,741301$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z_{0,05} = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{1,659665 - 5}{0,741301/\sqrt{46}} = -30,5613 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 9 rata-rata tergolong “**Tercemar Ringan**”.

Periode 10 (April-Juni 2012)

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 10 = 2,192948

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 62,42501$$

$$z_{0,05} = 1,746 ; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 2,192948 ; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{62,42501}{46}} = 1,164932$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z_{0,05} = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{2,192948 - 5}{1,164932/\sqrt{46}} = -16,3428 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 10 rata-rata tergolong “**Tercemar Ringan**”.

Periode 11 (Juli-September 2012)

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 11 = 1,441617

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 42,98171$$

$$z_{0,05} = 1,746 ; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 1,441617 ; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{42,98171}{46}} = 0,966636$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z_{0,05} = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{1,441617 - 5}{0,966636/\sqrt{46}} = -24,967 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 11 rata-rata tergolong “**Tercemar Ringan**”.

Periode 12 (Oktober-Desember 2012)

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 12 = 1,64322

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 26,58292$$

$$z_{0,05} = 1,746 ; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 1,64322 ; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{26,58292}{46}} = 0,760191$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z_{0,05} = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{1,64322 - 5}{0,760191/\sqrt{46}} = -29,9487 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 12 rata-rata tergolong “**Tercemar Ringan**”.

Periode 13 (Januari-Maret 2013)

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 13 = 1,697648

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 7,323495$$

$$z_{0,05} = 1,746 ; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 1.697648 ; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{7,323495}{46}} = 0,399007$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z_{0,05} = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{1,697648 - 5}{0,399007/\sqrt{46}} = -56,1332 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 13 rata-rata tergolong “**Tercemar Ringan**”.

Periode 14 (April-Juni 2013)

Rata – rata (\bar{x}) IP titik pantau Periode 14 = 1,930004

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 31,97813$$

$$z_{0,05} = 1,746 ; \mu = 5$$

$$H_0 \leq 1,930004 ; H_1 \geq 5$$

Jika nilai Indeks Pencemaran > 5 maka dapat dikatakan tercemar sedang. Langkah selanjutnya adalah menghitung simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{31,97813}{46}} = 0,833773$$

$$z_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Dengan :

Nilai signifikan = 5 % $\rightarrow z_{0,05} = 1,746$

\bar{x} = rata – rata indeks pencemaran

μ = data yang diuji

σ = simpangan baku

n = jumlah data

Jika $z_{hitung} < z_{0,05}$, maka terima H_0 , begitu pula sebaliknya.

Maka,

$$z_{hitung} = \frac{1,930004 - 5}{0,833773/\sqrt{46}} = -24,9728 < z_{0,05}$$

Artinya, H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status mutu air Kali Surabaya pada Periode 14 rata-rata tergolong “**Tercemar Ringan**”.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Sri Rahmawati Fitriatien, lahir di Sidoarjo, 26 Juni. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Al-Munawwarah Waru-Sidoarjo. Pendidikan Sekolah Dasar di tempuh di tempat yang sama, yaitu SD Al-Munawwarah Waru-Sidoarjo. Setelah menamatkan pendidikan dasar, penulis berpindah domisili ke Kabupaten Bangkalan, Madura. Pendidikan Sekolah Menengah Pertama penulis di SMPN 1 Bangkalan, Madura. Pendidikan menengah atas penulis di SMAN 1 Bangkalan, Madura. Setelah lulus SMA, penulis sempat mengikuti pendidikan karir di Magistra Utama Surabaya. Selanjutnya penulis melanjutkan S1 di Universitas PGRI Adi Buana Surabaya pada Tahun 2007, sebagai mahasiswa Jurusan Pendidikan Surabaya. Setelah lulus penulis sempat bekerja di SMKN 2 Bangkalan, dan pada Tahun 2012 mengikuti Program Beasiswa Pra-S2 Matematika di ITS sebagai mahasiswa Matematika. Tahun 2013, penulis tercatat sebagai mahasiswa Pascasarjana Matematika dengan NRP 1213 201 031. Untuk keperluan maupun pengembangan terhadap penelitian ini, dapat menghubungi melalui e-mail: amhar.be@gmail.com